

CINEMATICA PROCESULUI DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE

1. Scopul și conținutul lucrării

- Cunoașterea principalelor procedee de prelucrare prin așchiere.
- Definierea parametrilor regimului de așchiere.
- Studiarea mișcărilor de lucru.
- Observarea modalităților de fixare a piesei și a sculei așchietoare pe mașina-unealtă.

2. Considerații generale

2.1. Elementele sistemului tehnologic M.U.S.D.P.

Procesul de așchiere este procesul de tăiere-deformare sau rupere, desprindere și îndepărtare sub formă de așchi a surplusului de material de pe piesa semifabricat, în scopul generării suprafețelor și obținerii dimensiunilor și a condițiilor tehnice impuse piesei, prin desenul de execuție al acesteia.

◆ Pentru desfășurarea procesului de așchiere este necesară o mașină de lucru, denumită *mașină-unealtă*, una sau mai multe *scule așchietoare*, *dispozitive* de poziționare-fixare a sculelor și a piesei de prelucrat, cât și o serie de instrumente, aparate sau instalații pentru controlul tehnic de calitate.

Ansamblul format din mașina-unealtă (M.U.), scula așchietoare (S.A.), dispozitivele de poziționare - fixare a sculei (D.S.) și a piesei (D.P.) precum și piesa de prelucrat (P.), poartă denumirea de **sistem tehnologic M.U.S.D.P.** (mașina-unealtă-scule-dispozitiv-piesa) (fig. 1.1).

- Mașina unealtă* încorporează toate elementele structurale ale sistemului tehnologic.
- Piesa și scula așchietoare* constituie elementele finale ale sistemului, scula având efectiv rolul de îndepărtare a surplusului de material.
- Dispozitivele de prindere* a sculei așchietoare și a piesei asigură poziționarea și fixarea elementelor finale (scula și piesa) în poziția relativă impusă și în condiții de rigiditate.

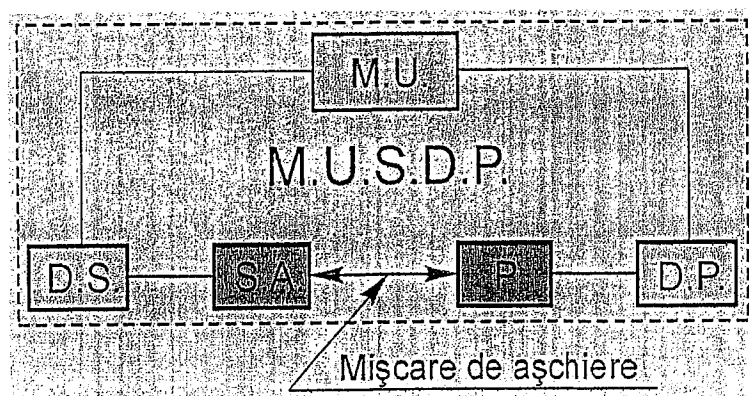


Fig. 1.1.
Elementele sistemului tehnologic M.U.S.D.P.

2.2. Suprafețele piesei semifabricat

➤ Suprafața de la care se pornește în generarea respectivă se numește *suprafața inițială* (S_i), iar suprafața obținută în urma generării prin așchiere – *suprafața prelucrată sau generată* (S_p).

➤ Stratul de material cuprins între suprafața inițială și suprafața prelucrată se numește **adaos de prelucrare**.

Este important, din punct de vedere economic, ca acest adaos să fie cât mai mic, mărimea lui influențând direct productivitatea procedului de generare. Când adaosul de prelucrare este mic, el poate fi îndepărtat într-o singură etapă, numită *trecere*; altfel, sunt necesare mai multe treceri. Stratul de material îndepărtat la o trecere se numește **strat parțial**.

La piesa supusă prelucrării prin așchiere se disting astfel următoarele suprafețe (fig. 1.2):

- *suprafața inițială (de prelucrat)* (S_i) este suprafața care delimitează exterior adaosul de prelucrare, ce urmează a fi îndepărtat în procesul de așchiere;
- *suprafața generată (prelucrată)* (S_p) este suprafața rezultată în urma procesului de așchiere (după efectuarea a „n” cicluri de generare);
- *suprafața instantanee de așchiere* (S_{ia}) – ca suprafață de legătură între suprafața de prelucrat și cea generată, rezultă pe piesă în urma detașării unui strat de așchiere, fiind obținută într-un singur ciclu al mișcării de generare.

Fiecare procedeu de prelucrare prin așchiere conduce, din punct de vedere al cinematicii, la un anumit tip distinct de mașină - unealtă. În raport cu mărimea adaosului de prelucrare, forma geometrică, dimensiunile, precizia și calitatea suprafețelor de prelucrat, așchiera poate fi realizată prin următoarele procedee:

- rabotarea; □ mortezarea; □ strunjirea; □ găurirea (burghierea); □ lărgirea adâncirea,
- lamarea; □ pilirea; □ alezarea; □ broșarea; □ șeveruirea; □ rectificarea; □ honuirea;
- rodarea; □ lepuirea; □ lustruirea; □ supranetezirea ș.a.

2.3. Cinematica procesului de așchiere

Realizarea procesului de prelucrare prin așchiere impune efectuarea de către mașina - unealtă a anumitor mișcări relative sculă - semifabricat, denumite *mișcări executante*.

Totalitatea acestor mișcări alcătuiesc *cinematica procesului de așchiere*. Unele dintre aceste mișcări iau parte la procesul de generare a suprafeței, în timp ce altele au numai roluri auxiliare, fără legătura directă cu procesul de generare.

Astfel, în funcție de rolul lor, mișcările se împart în: □ *mișcări de lucru*; □ *mișcări auxiliare*; □ *mișcări de comandă*; □ *mișcări de automatizare*. Practic, în cinematica așchierii intervin numai mișcările de lucru. Ele sunt mișcări simple și uniforme – rectilinii sau circulare.

Dintre *mișcările de lucru*, care se produc în cadrul unui proces de așchiere, una se distinge ca *mișcare principală*, celelalte numindu-se *mișcări de avans*.

□ **Mișcarea principală** este componenta mișcării de lucru datorită căreia se realizează tăierea - deformarea sau ruperea materialului și desprinderea așchiilor, la fiecare ciclu de prelucrare și fără de care procesul de așchiere nu ar avea loc.

Mișcarea principală este mișcarea de lucru care are cea mai mare viteză, pe direcția ei efectuându-se lucrul mecanic cel mai mare în raport cu toate celelalte componente (se consumă cea mai mare parte din energia necesară desfășurării procesului de așchiere). Mișcarea principală poate

MUPA 1 - Lucrarea de laborator nr. 1

fi executată de sculă sau semifabricat și poate fi o mișcare circulară uniformă, o mișcare rectilinie - alternativă sau rectilinie continuă.

Pe schemele de așchiere, mișcarea principală se notează, în general, cu $I(n, v)$.

Mișcarea de avans este acea componentă a mișcării de lucru prin care se aduc noi straturi de material în fața tăișului sculei, asigurându-se astfel continuitatea procesului de așchiere.

Având în vedere continuitatea efectuării sale, mișcarea de avans poate fi:

- continuă*, suprapusă peste mișcarea principală (ex: la strunjire, frezare, burghiere);
- continuă alternativă* (ex: la rectificare);
- intermitentă* (ex: la rabotare, mortezare).

În funcție de direcția mișcării de avans, aceasta poate fi:

- longitudinală (axială)*, când se efectuează paralel cu axa de rotație a piesei;
- transversală*, când direcția de avans este transversală față de axa de rotație. Aici se poate distinge: avansul radial – când direcția mișcării de avans este concurentă cu axa de rotație și într-un plan normal pe axă; avansul tangențial – când direcția mișcării de avans nu este concurentă cu axa;
- circulară*.

Din categoria *mișcărilor auxiliare* – care nu intervin direct în procesul de lucru (de formare și îndepărtare a așchiilor) dar sunt indispensabile procesului de așchiere – fac parte, conform STAS 6599/3-89:

- mișcarea de apropiere**, definită ca mișcarea relativă sculă - piesă, prin care scula este apropiată de piesă în vederea efectuării operației de așchiere;
- mișcarea de reglare**, definită ca mișcarea relativă sculă - piesă, prin care se stabilește grosimea stratului de material ce urmează a fi îndepărtat;
- mișcarea de retragere**, definită ca mișcarea relativă sculă - piesă, prin care scula este retrasă din contact cu semifabricatul, în scopul pregătirii pentru reluarea ciclului de prelucrare.

Mișcările de comandă se referă la realizarea opririi sau pornirii mișcărilor de lucru, mișcări pentru comanda schimbării frecvenței mișcărilor de lucru etc.

Mișcările de automatizare sunt specifice mașinilor-unelte specializate, automate sau semiautomate și au în vedere comanda mișcărilor de comandă a sistemului tehnologic. În această categorie intră și **mișcarea de compensare**, definită ca mișcarea relativă sculă - piesă prin care se corectează poziția sculei, modificată în urma uzării sau deformării termice, în vederea realizării unei prelucrări corespunzătoare (ex: compensarea uzurii sculelor abrazive).

În schemele de prelucrare (v. fig. 1.2) mișcările de lucru sunt figurate cu linie continuă, iar cele auxiliare cu linie întreruptă.

2.4. Parametrii regimului de așchiere

Având în vedere mișcările necesare desfășurării procesului de generare, așchiera va avea loc în anumite condiții de lucru, care definesc **regimul de așchiere**.

Indiferent de procedeul de prelucrare prin așchiere, **regimul de așchiere** este caracterizat prin următorii parametri: *viteza de așchiere*, *avansul de așchiere* și *adâncimea de așchiere*.

Viteza principală de așchiere (v) este viteza instantanee pe direcția mișcării principale a unui punct considerat pe tăișul sculei.

Viteza principală de așchiere este principalul parametru al regimului de așchiere și se exprimă în [m/min] sau [m/s].

Mișcarea principală de așchiere este caracterizată prin **frecvența n** , exprimată în:

MUPA 1 - Lucrarea de laborator nr. 1

- rotații pe minut (rot/min) – în cazul mișcărilor principale circulare;
- curse duble pe minut (c.d./min) – pentru mișcările rectilinii alternative.

În cazul mișcării principale rectilinii alternative, constituită dintr-o cursă activă cu viteza v_a și o cursă de revenire – inactivă, de viteză v_i , curse de lucru efectuate pe lungimea L [mm], mișcarea se poate realiza cu viteză uniformă ($k = v_i / v_a = ct = 1$), la mașinile de rabotat longitudinal și la cele de mortezat; în acest caz viteza se calculează cu relația:

$$v = \frac{2 \cdot L \cdot n}{1000} [m/min]$$

iar în situația în care viteza este variabilă, $v_i > v_a$, se adoptă aceeași relație, cu ajutorul căreia se determină o valoare medie a vitezei.

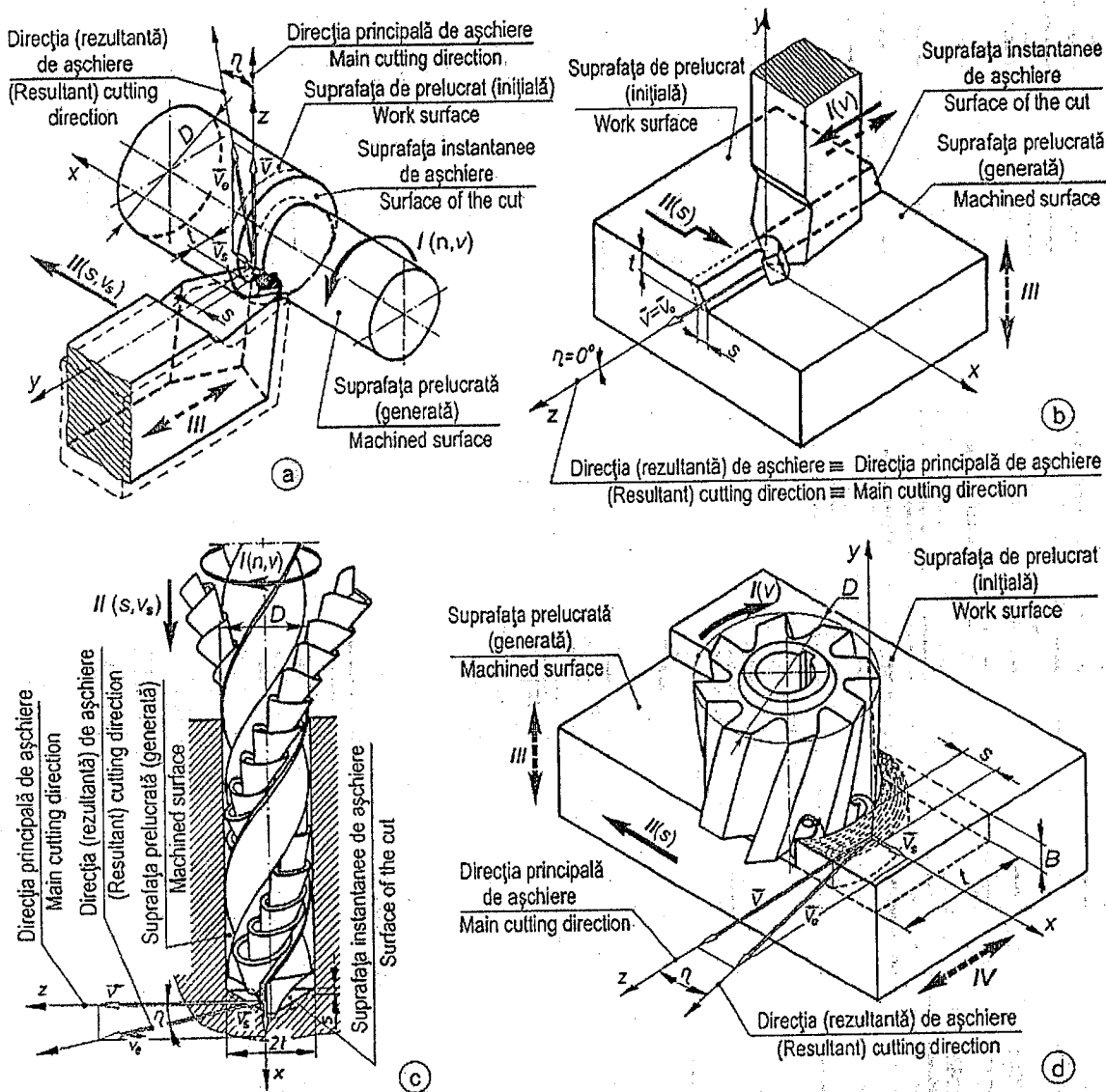


Fig. 1.2. Principalele procedee de prelucrare prin așchiere:

- – strunjirea longitudinală; (b) – rabotarea plană; (c) – găurirea (burghierea) (cu burghiu elicoidal cu 2 dinți); (d) – frezarea (cu freza cilindro-frontală)

MUPA 1 - Lucrarea de laborator nr. 1

În cazul mișcărilor principale circulare viteza principală de așchiere se calculează cu relația:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]}$$

unde D (în mm) reprezintă diametrul elementului (scula așchietoare sau semifabricatul), ce execută mișcarea principală de rotație.

□ **Avansul de așchiere (s)**

Indiferent de tipul mișcării de avans, se definește **avansul de așchiere** ca reprezentând deplasarea relativă sculă - piesă pe direcția mișcării de avans, la un ciclu de prelucrare (rotație sau cursă dublă).

Avansul de așchiere se notează cu s și se exprimă în **mm/rot** (pentru mișcări principale circulare) și **mm/c.d.** (pentru mișcări principale rectilinii alternative) – dacă mișcarea de avans este rectilinie și în **grade/rot** sau **grade/c.d.** – dacă mișcarea de avans este circulară.

Mișcarea de avans poate fi realizată în două moduri distincte:

1. efectuarea mișcării/mișcărilor de avans simultan cu mișcarea principală – caracterizează majoritatea procedeelor de prelucrare;
2. efectuarea mișcării/mișcărilor de avans în mod intermitent, înaintea fiecărei curse active a mișcării principale. În acest caz, mișcarea de avans se produce practic în afara fazei de așchiere (ex: rabotarea, mortezarea).

Există și cazuri în care mișcarea de avans lipsește, fiind substituită de construcția specială a sculei (ex: broșarea).

□ *Viteza de avans* (v_s) este viteza instantanee relativă sculă - piesă în direcția mișcării de avans.

Dacă mișcarea de avans este simultană cu mișcarea principală de așchiere (ex: strunjirea, burghierea, alezarea ș.a.) atunci ea este continuă, iar viteza de avans este constantă în mărime și sens și se poate exprima în funcție de frecvența n a mișcării principale și de avansul s :

$$v_s = n \cdot s \text{ [mm/min]}$$

Pentru sculele așchietoare cu z dinți așchietori se definește *avansul pe dinte*:

$$s_z = s / z \text{ [mm/dinte]}$$

□ **Adâncimea de așchiere** este distanța dintre suprafața generată și suprafața de așchiat, măsurată perpendicular pe direcția de avans.

Valorile adâncimii de așchiere sunt limitate de rezistența elementelor componente ale sistemului M.U.S.D.P. și se stabilesc la începutul așchierii, prin mișcarea de reglare.

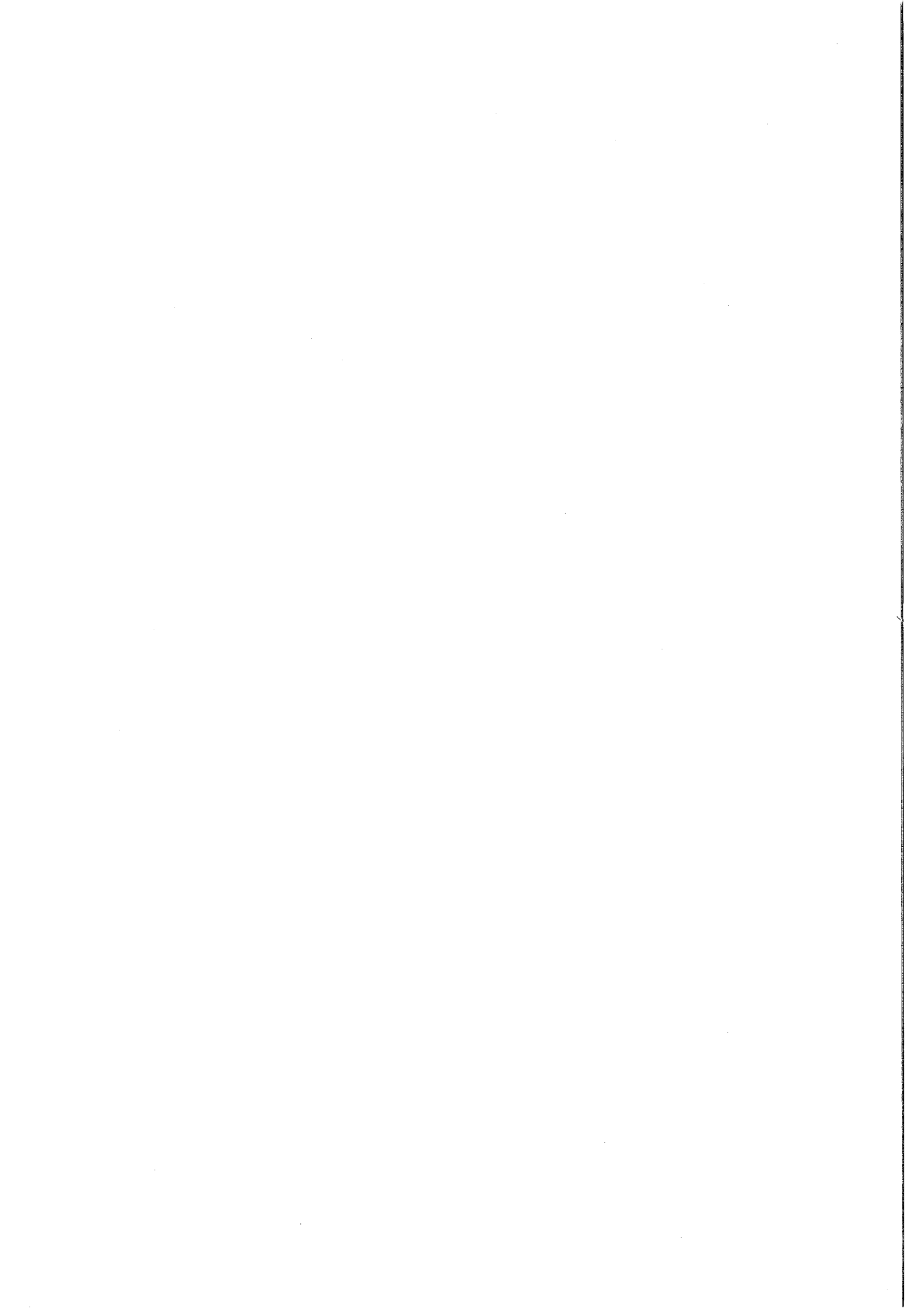
Se notează cu t și se măsoară în mm.

□ **Lățimea de frezare (B)** – mărime utilizată la operația de frezare, este distanța dintre suprafața generată și suprafața de prelucrat, definită într-un plan perpendicular pe direcția de avans și măsurată pe direcție paralelă cu axa frezei. În acest caz, adâncimea de așchiere t se măsoară în același plan normal la s , dar perpendicular pe B (v. fig. 1.2, d).

3. Materiale și utilaje necesare desfășurării lucrării practice

□ Diferite tipuri de scule (cuțite de strung, raboteză și morteză, freze cu coadă și cu alezaj, burghie, alezoare, tarozi), pentru identificarea modului de fixare pe mașina-unealtă.

□ Mașini-unelte având scule montate în suportți (mașina de rabotat transversal, strungul, mașina de găurit, mașina de frezat ș.a.) pentru observarea modului de fixare a piesei și a sculei, precum și a mișcărilor de lucru și a modului de detașare și îndepărtare a adaosului de prelucrare.



MUCNPA 2

LANȚURI CINEMATICE

Totalitatea organelor de mașini și a mecanismelor care sevesc la transmiterea, transformarea și reglarea mișcărilor între sursa de mișcare (motorul M) și organul de lucru (elementul de execuție) formează *lanțul cinematic (L.C.)* al unei mașini de lucru.

Lanțurile cinematice sunt, în principal, de două feluri:

- a) *generatoare*
- | | | |
|-------------|--|----------------|
| ♦ de tăiere | ♦ mișcare de rotație
♦ mișcare rectilinie | - continuă |
| | | - alternativă |
| ♦ de avans | ♦ mișcare de rotație
♦ mișcare rectilinie | - continuă |
| | | - alternativă |
| | | - intermitentă |
- b) *auxiliare*
- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| ♦ de repoziționare
♦ de reglare | - continuă
- în trepte |
| | |

Lanțurile cinematice generatoare realizează transmiterea mișcării de la sursa de mișcare la elementul de execuție. În cazul motoarelor electrice, ce au mișcare de rotație, transmiterea mișcării prin lanțuri cinematice pentru mișcare de rotație se realizează cu sau fără transmisii intermediare (mecanisme de transmitere), iar pentru realizarea mișcării rectilinii se introduc mecanisme de transformare a mișcării de rotație în mișcare rectilinie.

Structura simplificată a unui lanț cinematic se prezintă în figura 2.1, în care s-au folosit următoarele notații: M – motor; MT – mecanism de transfer; EE – element de execuție; n_i – mărimea de intrare în L.C.; n_e – mărimea de ieșire din L.C.; i_T – raportul de transfer.

Mărimea de ieșire se exprimă în funcție de mărimea de intrare și de raportul de transfer:

$$n_e = n_i \cdot i_T \quad (2.1)$$

Mecanismul MT poate fi de transmitere sau de transformare (fig. 2.2), care poate fi cu raport constant (fig. 2.2, a) sau cu raport variabil (fig. 2.2, b).

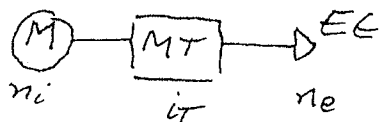


Fig. 2.1.

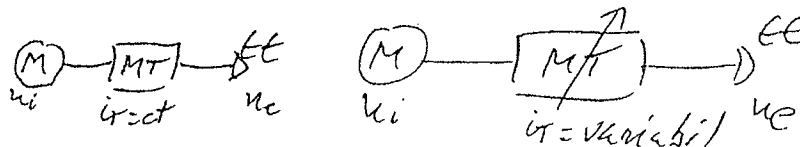


Fig. 2.2.

Mecanismele de transmitere fără reglare dispuse între arbori paraleli sunt (fig. 2.3):

- ♦ mecanisme cu roți dințate cilindrice (fig. 2.3, a);
- ♦ mecanisme cu curele sau cu lanț (fig. 2.3, b).

Mecanisme de transmitere cu reglare în trepte

♦ Mecanisme cu roți dințate baladoare

Mecanismul din figura 2.4 conține 3 arbori și două grupe de roți dințate: prima grupă cinematică este formată din 2 roți fixe și un bloc balador dublu, iar grupa a doua este formată

dintr-un bloc balador cu 3 roți și 3 roți fixe. Considerând arborele I ca arbore de intrare, la arborele III (de ieșire) se obțin 6 turații diferite: baladorul cu 2 roți realizează 2 turații distincte la arborele II, iar baladorul cu 3 roți realizează 3 rapoarte diferite între arborii II și III.

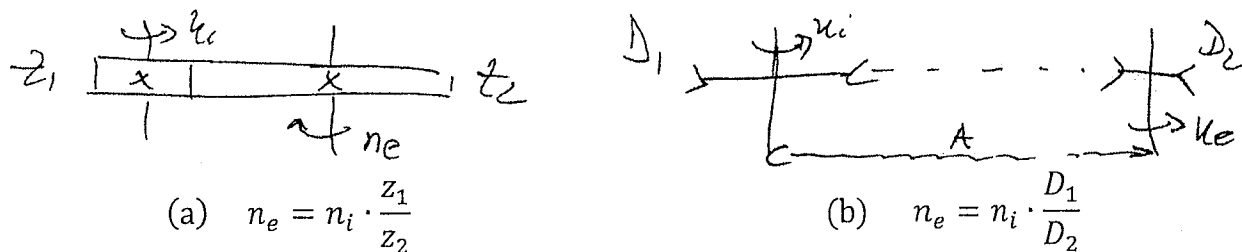


Fig. 2.3

Cele 6 turații la ieșire și modul în care se obțin sunt exprimate prin *ecuația structurală* (2.2):

$$2 \cdot 3 = 6 \quad (2.2)$$

Pornind de la condiția ca cele 6 turații ale axului de ieșire III să formeze o progresie geometrică cu rația φ (numită *rație de bază*), aceeași rație φ trebuie să se regăsească și la una dintre cele două grupe de roți. Ecuația structurală (2.2) poate fi completată cu indici, care pun în evidență rația de bază φ la turațiile de ieșire (6_φ) și la una dintre grupele cinematice, precum și rația celeilalte grupe cinematice – obținută ca produs dintre indicele precizat și factorul respectiv. Astfel, în exemplul din fig. 2.4 sunt posibile 2 situații:

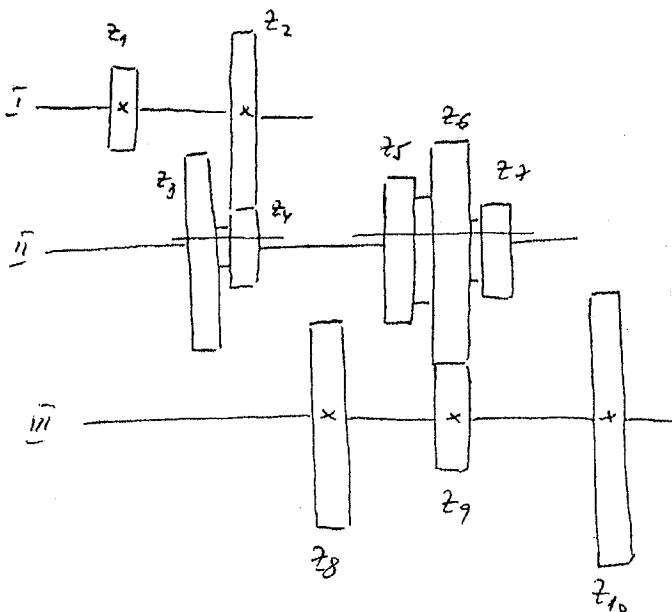


Fig. 2.4.

$$2_\varphi \cdot 3_{2\varphi} = 6_\varphi \quad \text{sau} \quad 2_{3\varphi} \cdot 3_\varphi = 6_\varphi \quad (2.3)$$

Deoarece rația de bază apare în mod repetat ca indice, notația a fost simplificată, la forma:

$$2_1 \cdot 3_2 = 6 \quad \text{respectiv} \quad 2_3 \cdot 3_1 = 6 \quad (2.3')$$

Reprezentarea grafică a celor două cazuri se prezintă în figura 2.5. Diagramele prezintă aceeași gamă de 6 turații la ieșire, dar obținute în mod diferit, pentru aceeași turație n_0 a arborelui I de intrare.

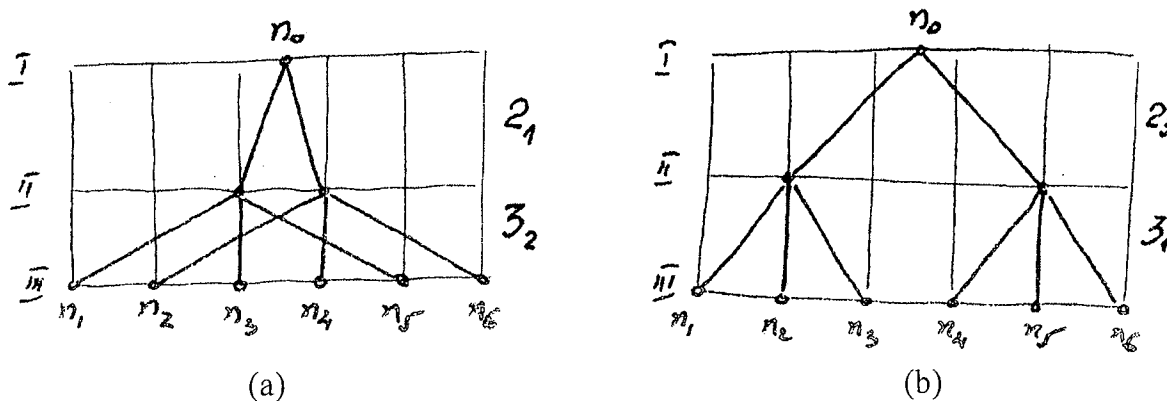


Fig. 2.5.

⇒ Temă: Să se reprezinte schema cinematică și ecuațiile structurale pentru un mecanism cu 4 arbori și 3 blocuri baladoare, de tipul $2 \times 3 \times 2 = 12$.

◆ **Transmisiiile prin curele** se utilizează pe scară largă la mașinile care lucrează cu turații mari. Au avantajul că nu necesită o poziționare reciprocă de precizie ridicată a axelor.

La mașinile-unelte se folosesc curele late sau trapezoidale.

Lungimea curelei depinde de distanța dintre axe A , diametrele roților de curea și de tipul transmisiei: normale (fig. 2.6) sau încrucișate (fig. 2.7).

⇒ **Exercițiu:** Să se deducă relația de calcul pentru lungimea curelei în cele două situații.

◆ **Transmisiiile cu lanț** sunt construite pe scară largă în construcția mașinilor-unelte, atât în cazul mecanismelor de avans, cât și pentru realizarea mișcării principale. Principiul este utilizat și în construcția unor scule.

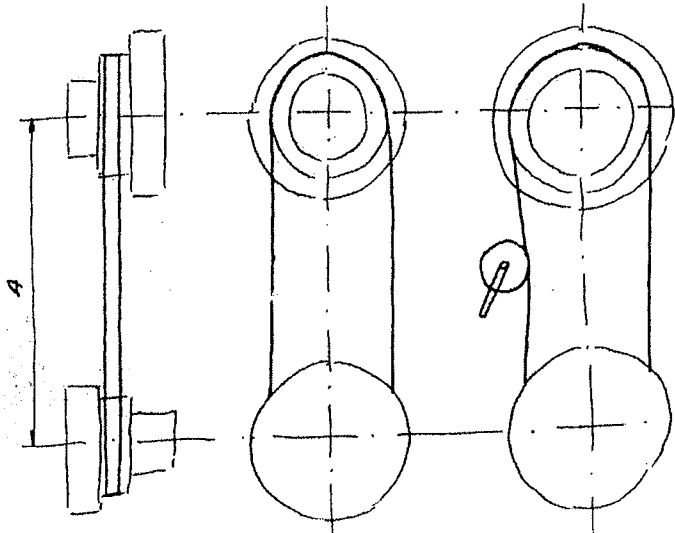


Fig. 2.6.

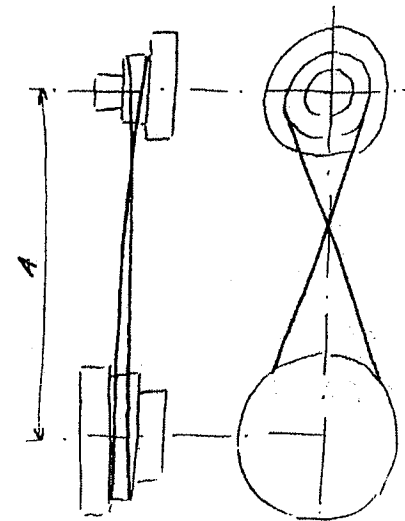


Fig. 2.7.

◆ **Transmisiiile cu roți dințate conice** sunt utilizate la transmiterea mișcării între arbori dispuși în același plan și înclinați – în mod frecvent la 90° (fig. 2.8). Se utilizează la valori mici ale raportului de transmisie ($i < 4$ – condiție impusă și roților dințate cilindrice).

Turația de ieșire se exprimă ca la angrenajele cilindrice:

$$n_e = n_i \cdot \frac{z_1}{z_2} \quad (2.4)$$

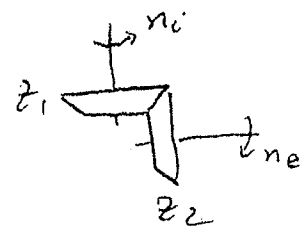


Fig. 2.8.

◆ **Mecanismele cu angrenaj melc-roată melcată** (fig. 2.9) se utilizează în cazul în care se impun demultiplicări mari. Turația de ieșire (la nivelul axului ce conține roata melcată) se calculează cu relația (2.5), în care k este numărul de „dinți” al melcului, adică numărul de începuturi ai șurubului melc. Transmisia se realizează între arbori perpendiculari, în spațiu.

$$n_e = n_i \cdot \frac{k}{z_0} \quad (2.5)$$

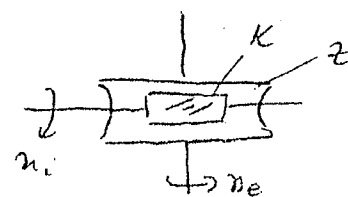


Fig. 2.9.

De menționat că aceste mecanisme nu permit reversibilitatea mișcărilor.

◆ **Mecanismele cu roți de schimb (lire)** sunt compuse din perechi de roți dințate al căror raport se poate modifica prin schimbarea roților, cu respectarea condițiilor de angrenare. Lirele cu roți de schimb au în mod frecvent 4 (fig. 2.10). Turația de ieșire n_e este:

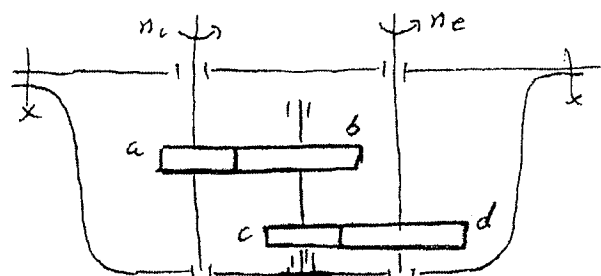


Fig. 2.10.

$$n_e = n_i \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \quad (2.6)$$

Se utilizează de obicei pentru dispozitive ce realizează o mișcare de avans reglabilă.

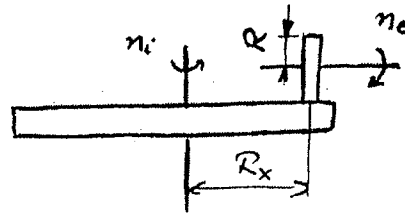
Mecanisme de transmitere cu reglare continuă

Acest tip de mecanism este imperios necesar în cazul în care apare necesitatea obținerii unei valori optime a vitezei mișcării. Cel mai elocvent exemplu este cazul mașinilor de derulat, la care viteza este variabilă pentru o valoare constantă a forței (datorită variației diametrului bușteanului prelucrat).

Variatoarele mecanice se bazează în general pe transmiterea mișcării prin fricțiune (fig. 2.11).

♦ *Variatoarele cu roată plană și rolă deplasabilă* (fig. 2.11, a) au ca element conducător roata plană. Randamentul $\eta < 0,97$, iar turația de ieșire este dată de relația (2.7):

$$n_e = n_i \cdot \frac{R_x}{R} \cdot \eta \quad (2.7)$$



♦ *Variatoarele cu con și rolă* (fig. 2.11, b) pot avea:
 • rola ca element conducător, caz în care turația de ieșire este dată de relația (2.8);

• conul ca element conducător -- cu turația de ieșire dată de relația (2.9).

$$n_e = n_c = n_r \cdot \frac{R}{R_x} \cdot \eta \quad (2.8)$$

$$n_e = n_r = n_c \cdot \frac{R_x}{R} \cdot \eta \quad (2.9)$$

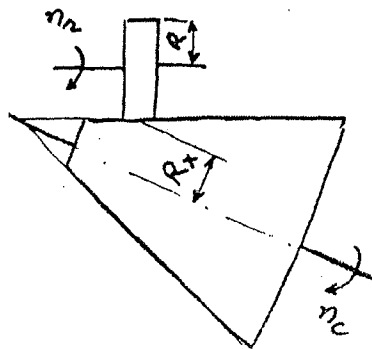


Fig. 2.11.

♦ *Variatoarele cu două roți plane și cu rolă deplasabilă* (fig. 2.12) realizează o turație de ieșire n_e :

$$n_e = n_i \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_2}{R_3} \cdot \eta = n_i \cdot \frac{R_1}{R_3} \cdot \eta \quad (2.10)$$

Raportul R_1 / R_3 poate căpăta valori într-un spectru larg ($0 \div 16$) și poate fi utilizat fie ca multiplicator, fie ca demultiplicator de turații.

♦ *Variatoarele cu două conuri și rolă deplasabilă* (fig. 2.13) permite realizarea unei turații la ieșire de aceeași formă (2.10).

În funcție de deplasarea x a rolei ($H_1 < x < H_2$) se calculează raportul de transmisie.

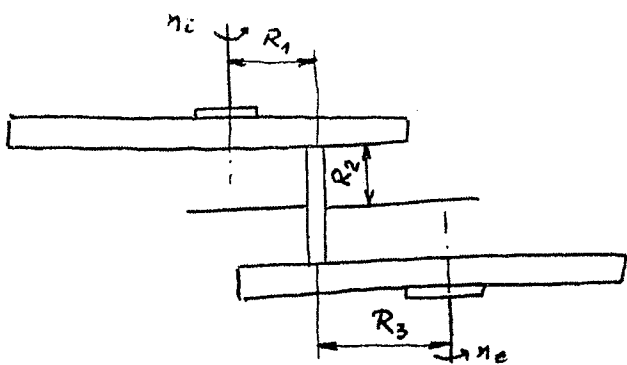


Fig. 2.12.

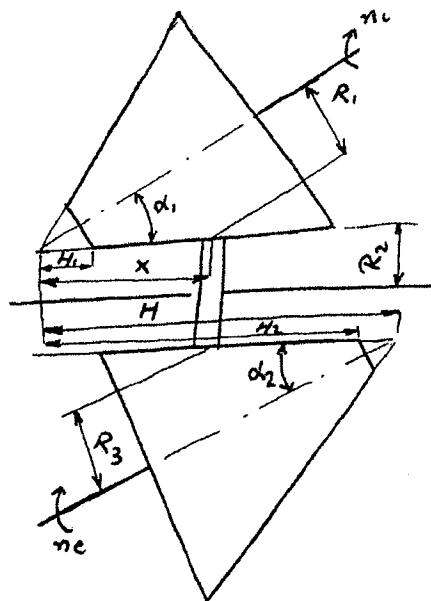
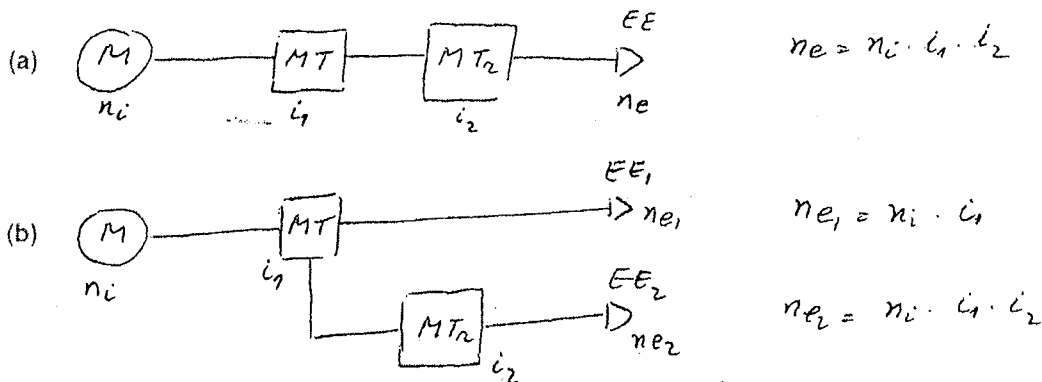


Fig. 2.13.

De obicei roțile (conurile) se fac din fontă (eventual oțel aliat), iar roțile din fontă, căptușite cu piele sau material plastic.

Mecanisme pentru transformarea mișcării

În cazul în care mișcarea (principală, de avans sau cea auxiliară) este rectilinie (continuă sau alternativă) este necesară prezența, în lanțul cinematic, a unui mecanism de transformare a mișcării (fig. 2.14).



MT – mecanism de transmitere; MTr – mecanism de transformare

Fig. 2.14.

Mișcarea rectilinie continuă este întâlnită la mașinile pentru prelucrarea lemnului (fig. 2.15), atât pentru mișcarea principală (ferăstrăul panglică – fig. 2.15, a; mașinile de șlefuit cu bandă – fig. 2.15, b, c), cât și pentru mișcarea de avans.

Cele mai utilizate mecanisme de transformare sunt cele de construcție mecanică.

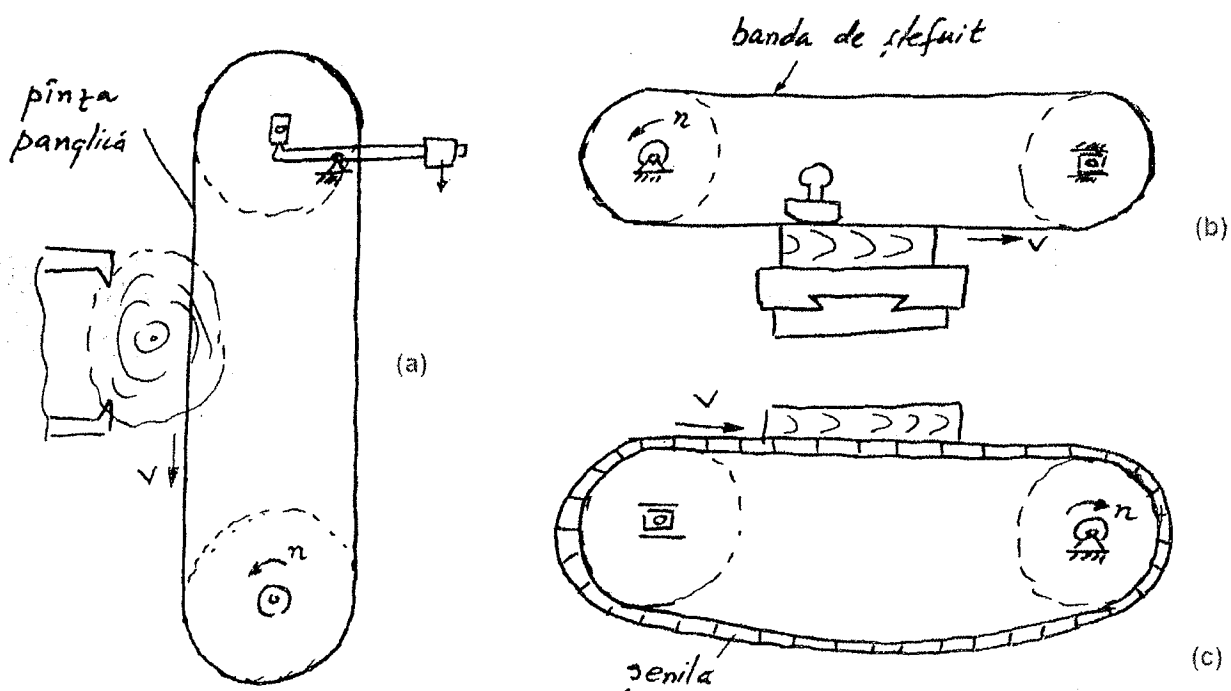


Fig. 2.15.

◆ **Mecanismul roată dințată-cremalieră** se întâlnește în special în construcția lanțurilor cinematice de avans (fig. 2.16).

Legătura dintre turația n a pinionului și viteza liniară v de deplasare a cremalierei este dată de relația (2.11), în care diametrul de divizare D se măsoară în mm iar n în rot/min:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot m \cdot z \cdot n}{1000}, \quad [\text{m/min}] \quad (2.11)$$

◆ **Mecanismul șurub-piuliță** este, probabil, cel mai des întâlnit mecanism, în special pentru îndeplinirea rolului de reglare (fig. 2.17). Avantajul (prezentat uneori ca un dezavantaj) este acela că se realizează viteze mici de deplasare.

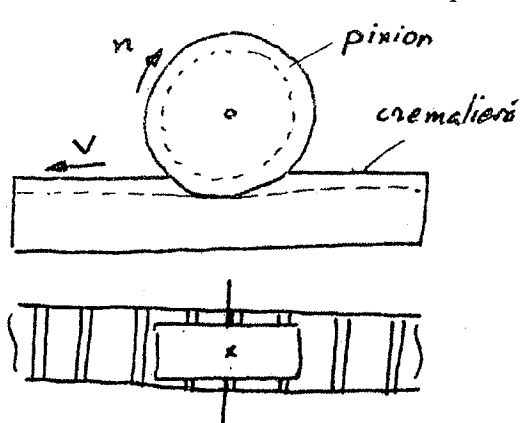


Fig. 2.16.

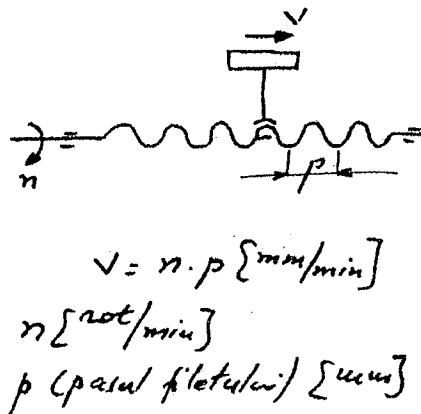


Fig. 2.17.

Se recomandă ca șurubul să fie confecționat din oțel aliat, iar piulița din bronz, aluminiu sau fontă antifricțiune, cu scopul de a diminua frecarea și pentru a proteja șurubul.

◆ **Mecanismul camă-tachet** (fig. 2.18) se utilizează pentru principala lui caracteristică și anume că, pentru o mișcare de rotație constantă a camei, se poate obține la nivelul tachetului o mișcare rectilinie alternativă care poate varia după o lege impusă (de forma camei).

În mod frecvent mecanismul camă-tachet transformă mișcarea de rotație în deplasare rectilinie (fig. 2.18, a și b). Sunt însă și mecanisme ce modifică numai direcția de deplasare și planul în care aceasta se realizează (fig. 2.18, c).

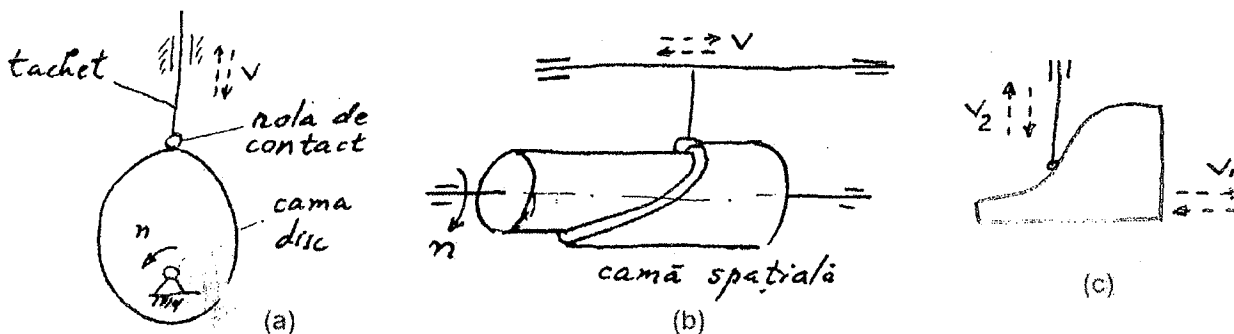


Fig. 2.18.

◆ **Mecanismul bielă-manivelă** este des utilizat în construcția mașinilor de lucru, atât pentru mișcarea principală (mașini de ștanțat/debitat, mașini de mortezat, mașini de tăiat plan furnir, gater), cât și pentru mișcarea de avans.

Viteza v se calculează în funcție de turația n și raza R a manivelei, precum și de lungimea L a bielei (fig. 2.19). Fiind un mecanism ce asigură schimbarea sensului de mișcare, viteza este variabilă

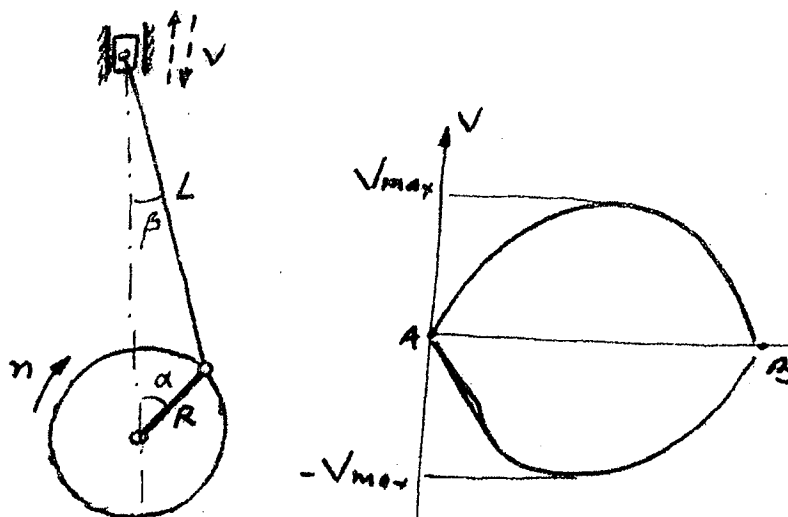


Fig. 2.19.

pe întreaga lungime a cursei; la capetele de cursă (punctul A și B de schimbare a sensului de mișcare) viteza este nulă, iar valorile maxime ale vitezei la cursa activă (de ducere) și la cursa inactivă (de revenire) sunt egale. Acest aspect constituie un dezavantaj, productivitatea maximă fiind de 50%.

◆ **Mecanismul cu culisă oscilantă** face parte din categoria mecanismelor cu culisă și este utilizat la mașinile de rabotat transversal și la mașinile de prelucrare a lemnului (fig. 2.20).

La o rotație a manivelei capătul culisei descrie arcul \widehat{AB} , de rază $L = O_1S$ (lungimea culisei), în ambele sensuri, astfel încât mișcarea de rotație a manivelei este transformată în mișcare circulară oscilatorie a pietrei de culisă PC care, prin intermediul culisei C_2 , este transformată în mișcare rectilinie alternativă pe distanța $A'B'$. Viteza mișcării rectilinii este variabilă și diferită între cele două curse; viteza maximă la cursa de revenire (în gol) este mai mare decât viteza maximă la cursa activă (de lucru), ceea ce conduce la o productivitate teoretică mai mare de 50%.

Sunt mai multe variante constructive de mecanisme cu culisă oscilantă, fie cu punctul O_1 fix și S mobil (ca în fig. 2.20), fie cu punctul S fix și O_1 deplasabil.

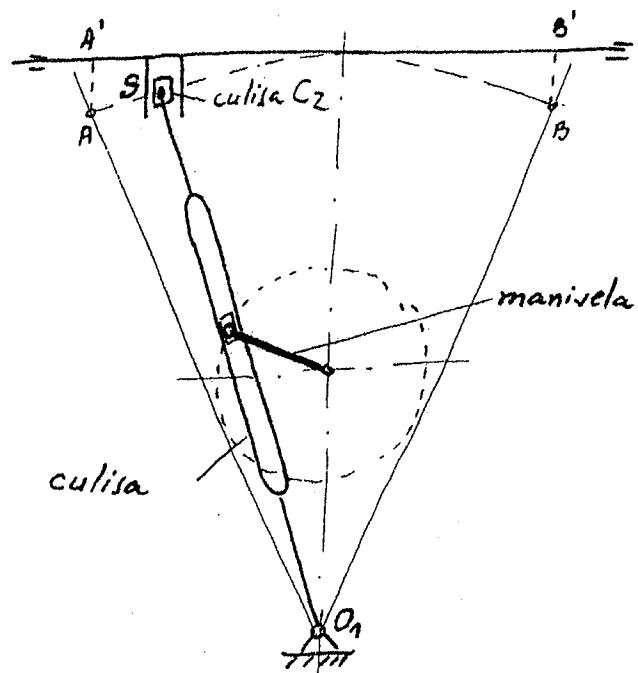
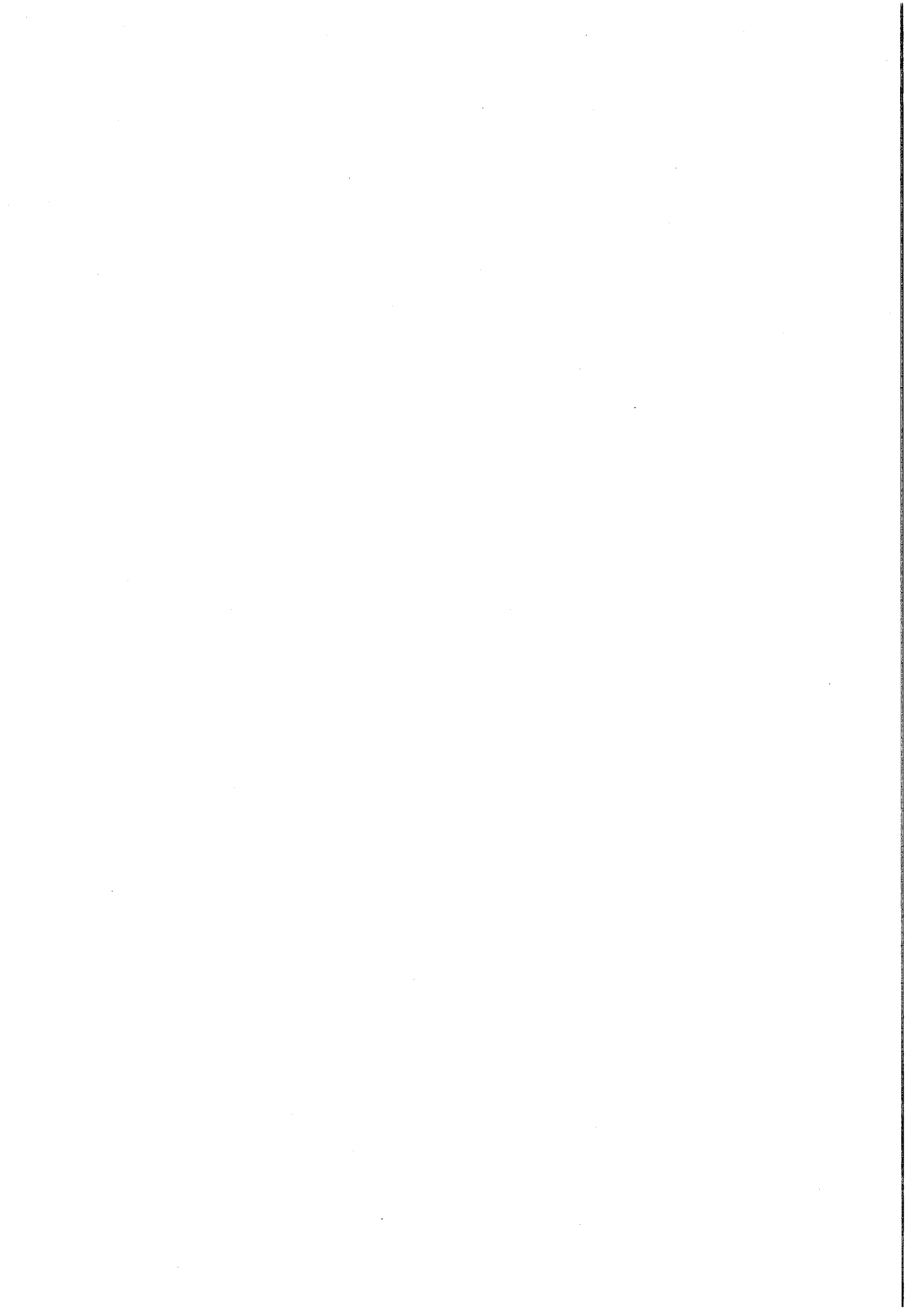


Fig. 2.20.



MUCNPA 3

GEOMETRIA CONSTRUCTIVĂ A SCULELOR AŞCHietoARE

1. Părţile componente ale sculelor aşchietoare

Scula aşchietoare este partea activă a sistemului tehnologic MUSDP care participă în mod direct la tăierea - deformarea sau ruperea, desprinderea şi îndepărtarea sub formă de aşchii a adaosului de prelucrare de pe piesa semifabricat, în procesul de aşchiere.

◆ Sculele folosite la prelucrările prin aşchiere, deşi au forme diferite, se pot grupa în funcţie de geometria dinţilor aşchietori şi după numărul acestora. Astfel, există scule aşchietoare cu *dinţi cu geometrie bine definită* (au număr definit de dinţi) şi scule ale căror dinţi au *geometrie nedefinită*.

◆ Sculele din prima categorie, numite şi *scule metalice* se împart în:

- scule cu un singur dinte, numite *scule simple (monodinte)* sau *cuţite* – sunt destinate operaţiilor de strunjire, rabotare sau mortezare;
- scule cu mai mulţi dinţi (burghie, freze, alezoare, tarozi, broşe etc.), numite *scule aşchietoare multiple*.

◆ Sculele ale căror dinţi au geometrie *nedefinită* posedă un număr mare, nedeterminat, de dinţi, de mici dimensiuni şi forme diferite. Ele se numesc *scule abrazive*.¹

Sculele aşchietoare metalice au, în principiu, trei părţi componente: *partea activă, partea de poziţionare - fixare* şi *corpul sculei*.

În figura 3.1 sunt evidenţiate aceste elemente pentru un cuţit prismatic de strung (a), un burghiu elicoidal (b), o freză cilindro-frontală (c) şi o broşă pentru canale de pană (d).

⌘ *Partea activă a sculei (1)*, ca urmare a mişcării relative sculă - semifabricat, participă în mod direct la generarea suprafeţei şi la desprinderea, direcţionarea şi evacuarea aşchiilor. Ea determină formarea aşchii şi este compusă din *partea aşchietoare* şi *partea de ghidare - calibrare*.

- ◆ *Partea aşchietoare* este concretizată prin unul sau mai mulţi *dinţi aşchietori* şi tot atâtea *suprafeţe, canale sau spaţii de cuprindere şi evacuare a aşchiilor* (1a din fig. 3.1, b şi d).
- ◆ *Partea de ghidare - calibrare* – prezintă numai la anumite scule – serveşte la autoghidarea sculei în timpul aşchierii şi la curăţirea/netezirea suprafeţei aşchiate şi este concretizată prin faţete care mărginesc dinţii aşchietori (1b din fig. 3.1, b) sau chiar dinţi destinaţi acestui scop (1b din fig. 3.1, d).

La unele scule, partea de calibrare - ghidare se confundă cu partea aşchietoare sau lipseşte (v. fig. 3.1, a şi c). Deseori, pe partea activă a sculei sunt dispuse *praguri* sau *canale* pentru spiralarea şi fragmentarea aşchiilor, cât şi pentru conducerea lor după direcţii bine determinate (v. fig. 3.1, a).

⌘ *Partea de poziţionare - fixare (2* în fig. 3.1), care se confundă uneori cu corpul sculei, serveşte la poziţionarea şi fixarea sculei pe maşina-unealtă, într-un suport, ori pe un arbore sau dorn port-sculă, într-un mod convenabil faţă de semifabricat.

Ea este realizată sub forma unui corp prismatic (v. fig. 3.1 a şi d), un corp de revoluţie cilindric

¹ În cadrul prezentei lucrări, se vor aborda numai sculele metalice, cu geometria bine definită a dinţilor aşchietori.

sau conic (v. fig. 3.1, b) sau alezaj cilindric sau conic (v. fig. 3.1, c), cu sau fără elemente de antrenare: antrenor – la burghie; canale de pană – la frezele cu poziționare pe alezaj.

⌘ **Corpul sculei** (3), prismatic sau de revoluție, are rolul de a reuni, într-un ansamblu rigid și rezistent, partea activă și partea de poziționare - fixare.

♦ În afară de cele trei părți importante prezentate, la o sculă așchietoare se mai definesc *axa sculei* și *suprafața de sprijin*.

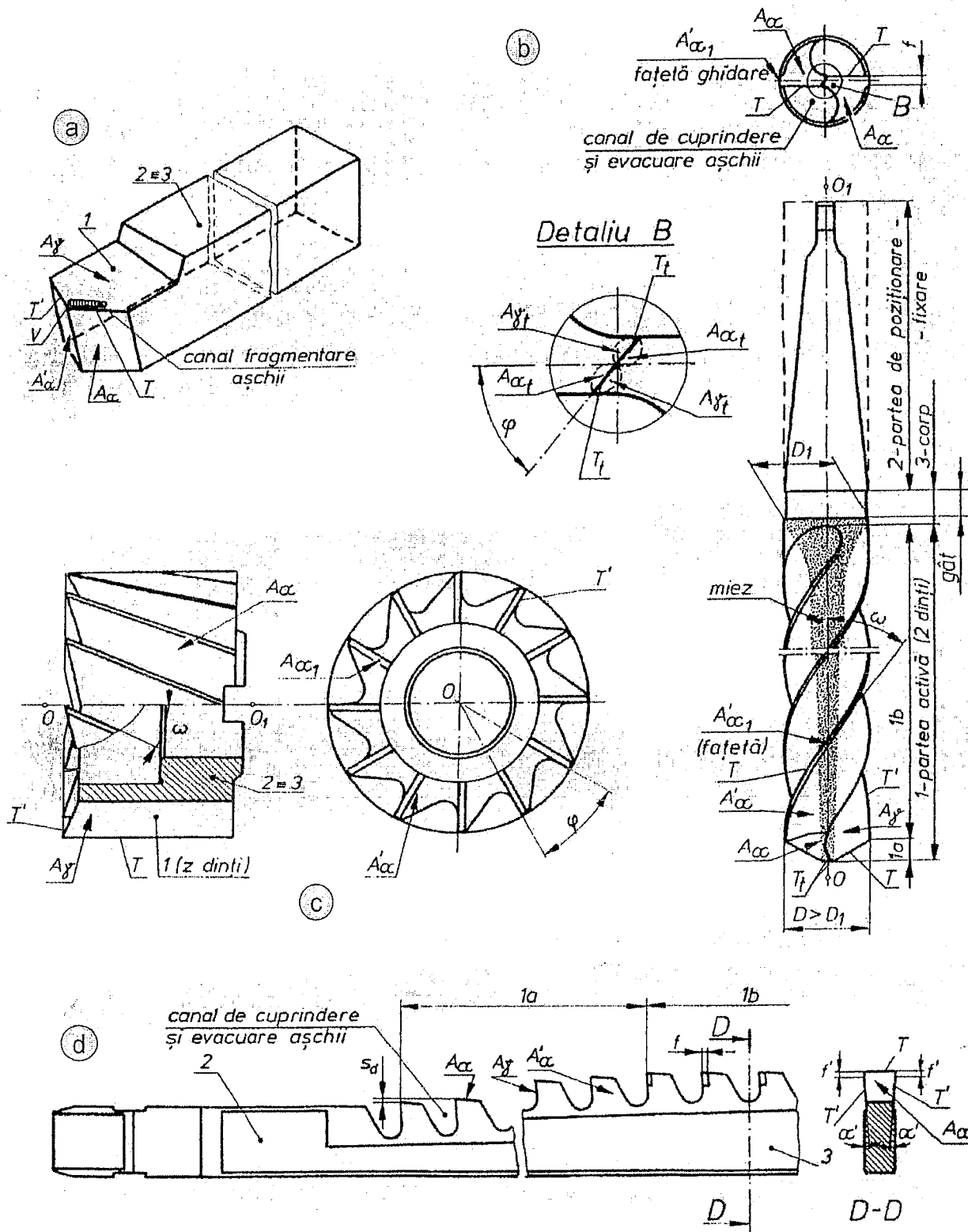


Fig. 3.1. Părțile componente ale sculelor așchietoare: (1) – partea activă; (2) – partea de poziționare-fixare; (3) – corpul sculei. (a) – cuțit pentru strunjire; (b) – burghiu elicoidal cu coadă conică; (c) – freză cilindro-frontală cu alezaj; (d) – broșă pentru canal de pană

- *Axa sculei* (OO_1 în fig. 3.1) este prezentă la sculele de revoluție și reprezintă axa imaginară de simetrie, utilizată la executarea, controlul, fixarea și reascuțirea sculei.
- *Suprafața de sprijin* este suprafața plană, cilindrică sau conică ce mărginește partea de poziționare - fixare, cu rol în orientarea și fixarea sculei în dispozitiv, în vederea executării, măsurării, reascuțirii și a lucrului efectiv.

2. Elementele constructiv-geometrice ale dintelui așchietor

◆ Principalele elemente constructiv-geometrice ale unui dinte așchietor sunt *suprafețele (fețele) de degajare și de așezare și muchia așchietoare* (fig. 3.2).

⌘ *Fața (suprafața) de degajare* (A_γ) este suprafața părții așchietoare a sculei pe care alunecă și sunt îndepărtate așchiile din zona de așchiere.

Poate fi o suprafață plană sau curbă, cu sau fără fațetă.

⌘ *Fața (suprafața) de așezare principală* (A_α) este suprafața părții așchietoare a sculei orientată spre suprafața instantanee de așchiere (de pe semifabricat).

⌘ *Fața (suprafața) de așezare secundară* (A'_α) este suprafața părții așchietoare a sculei orientată spre suprafața generată (prelucrată).

⌘ *Muchia așchietoare (m.a.)*, obținută ca intersecție a feței (fețelor) de degajare cu fețele de așezare, realizează, în prezența mișcării de așchiere, tăierea materialului de adaos.

Muchia așchietoare este formată din unul sau mai multe tășuri, rectilinii și/sau curbilunii.

⌘ *Tășul* este partea din muchia așchietoare ce rezultă ca intersecție între fața de degajare și una din fețele de așezare.

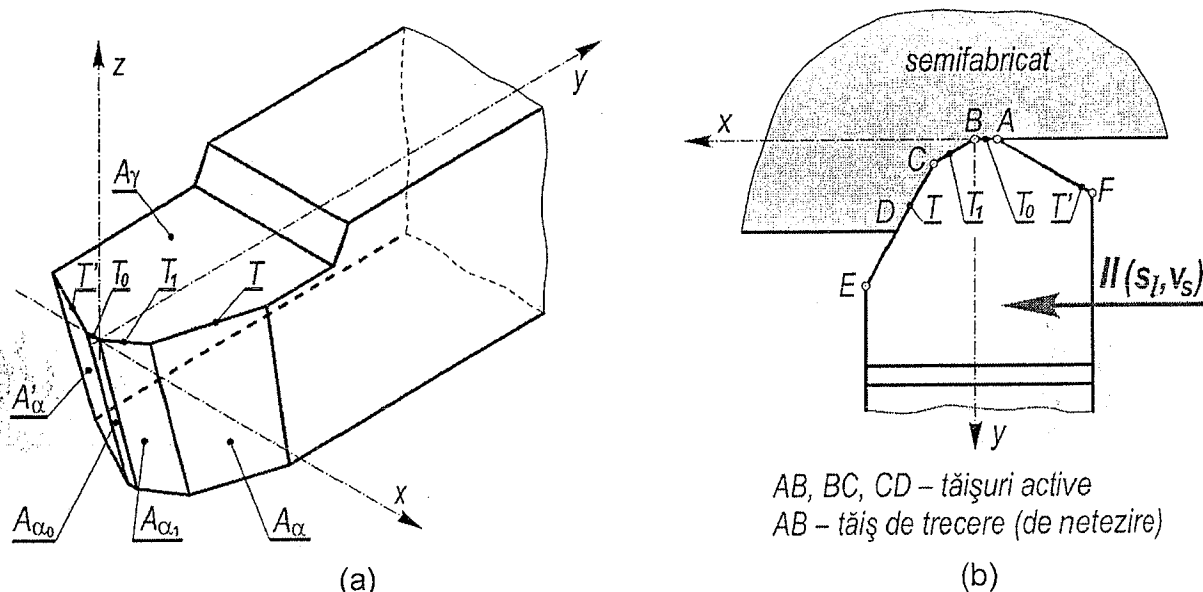


Fig. 3.2. Elementele constructiv-geometrice ale dintelui așchietor

Muchia așchietoare are în componență, în mod obișnuit, un tăș principal T și un tăș secundar T' , dar, în cazul muchiilor complexe, mai poate conține, în mod suplimentar, un tăș de trecere (netezitor) T_0 și/sau un tăș auxiliar T_1 (v. fig. 3.2, b).

◆ *Tășul principal* (T) reprezintă fizic intersecția feței de degajare (A_γ) cu fața de așezare principală (A_α).

El este cel care transformă în așchii cea mai mare parte a grosimii adaosului de prelucrare și este orientat în sensul mișcării de avans.

◆ *Tășul secundar* (T') este materializat de intersecția feței de așezare secundare (A'_α) cu fața de degajare (A_γ) și este orientat în direcție opusă tășului principal.

Tășul secundar nu participă în mod direct la procesul de așchiere, dar asigură o construcție rezistentă pentru dintele sculei. De forma și calitatea acestui tăș depinde în cea mai mare măsură rugozitatea suprafeței prelucrate.

- ♦ **Tăișul de trecere (T_0)** este un tăiș de lungime mică, practicat în scopul rigidizării muchiei și pentru realizarea unei calități superioare a suprafeței. Este un tăiș netezitor.
- ♦ **Tăișul auxiliar (T)** este practic obținut din tăișul principal (T) și are rolul de a conferi muchiei așchietoare o rezistență termo-mecanică sporită.

Tăișurile ce formează muchia așchietoare pot fi rectilinii sau curbilinii, iar fiecareia îi corespunde câte o suprafață de așezare: principală A_α , secundară A'_α , de trecere $A_{\alpha 0}$, auxiliară $A_{\alpha 1}$ (v. fig. 3.2, a).

- ♦ La un dinte așchietor se definesc unul sau mai multe **vârfuri**, ca intersecție a două tăișuri successive.

3. Sistemul de referință constructiv și unghiurile părții așchietoare

♦ **Parametrii geometrici** ce caracterizează partea activă a dintelui așchietor sunt unghiurile părții așchietoare, precum și forma fețelor de așezare și de degajare, forma fațetelor și a tăișurilor, razele de vârf și de rotunjire, forma și dimensiunile canalelor de cuprindere și evacuare a așchiilor.

- ♦ Se disting mai multe categorii de **unghiuri**:

- **unghiurile constructive** – definesc geometria dintelui așchietor, considerat ca un corp geometric independent. Ele caracterizează strict scula așchietoare prin desenul de execuție al acesteia și rezultă în urma ascuțirii sau reascuțirii ei;
- **unghiurile pasive (efective)** – sunt determinate de geometria constructivă a sculei și de poziția relativă scula - piesă, în absența procesului de așchiere (fără a lua în considerare mărimile vitezelor de lucru).

La poziționarea corectă a sculei în suport și în raport cu piesa semifabricat, unghiurile efective sunt identice cu cele constructive;

- **unghiurile funcționale (cinematice)** – caracterizează procesul de așchiere propriu-zis și au în vedere condițiile concrete în care se desfășoară procesul de lucru (geometria constructivă, poziția relativă scula - semifabricat cât și cinematica procesului).

3.1. Sistemul de referință constructiv

♦ Pentru definirea geometriei constructive a dintelui așchietor, se folosește un **sistem rectangular de axe $Mxyz$** (ce formează un triedru ortogonal drept), atașat unui punct M de pe muchia așchietoare a sculei (fig. 3.3), astfel ca:

- axa Mz să coincidă cu direcția mișcării principale;
- axa Mx să fie orientată după direcția mișcării de avans;
- axa My să rezulte în completarea sistemului rectangular drept.

Sistemului de axe $Mxyz$ i se atașează un **sistem de referință constructiv**, format din trei plane de referință: • **planul de bază constructiv** [P_B];

• **planul de măsurare constructiv (secant)** [P_S] și • **planul tăișului** [P_T],

plane care se intersectează în același punct M , adoptat pe muchia așchietoare.

⌘ **Planul de bază constructiv** [P_B] conține punctul M considerat pe tăiș (originea sistemului de referință constructiv) și este perpendicular pe direcția principală de așchiere Mz .

⌘ **Planul de măsurare constructiv (planul secant)** [P_S] trece prin punctul M considerat pe tăiș și este perpendicular pe planul de bază [P_B].

Prin unica condiție de a fi perpendicular pe planul de bază, planul secant constituie în fapt un fascicul de plane, ce au ca element comun direcția principală Mz .

Poziția generală, oarecare, a planului secant este mai puțin uzitată în definirea geometriei constructive a unei scule așchietoare. În mod frecvent sunt utilizate câteva poziții particulare ale planului secant [P_S]. Astfel, prin rotirea planului secant oarecare în jurul azei

Mz , se ajunge la poziția particulară de tangentă a acestuia cu tăișul ce conține punctul M , poziție ce materializează *planul tăișului* $[P_T]$. Prin urmare, se definește

☞ *planul tăișului* $[P_T]$, ca fiind planul normal pe planul de bază constructiv $[P_B]$ și tangent la tăiș în punctul M considerat.

Prin rotirea în continuare a planului secant $[P_S]$ în jurul axei Mz se găsește o altă poziție particulară, în care planul devine normal la planul tăișului $[P_T]$; este *planul secant normal* $[P_N]$.

☞ *planul secant normal* $[P_N]$ este planul normal în punctul M la planul de bază $[P_B]$ și perpendicular pe planul tăișului $[P_T]$.

În mod frecvent, la definirea geometriei constructive a sculelor, în sistemul de referință se utilizează planul de bază $[P_B]$ ², planul tăișului $[P_T]$ și planul secant normal $[P_N]$. În acest caz, cele trei plane constructive formează un triedru drept, ce se intersectează în punctul M .

Sunt definite și alte poziții particulare ale planului secant, utilizate de obicei la reglarea dispozitivelor de ascuțire și reascuțire a sculelor:

- *planul secant* $[P_X]$, este planul secant ce are ca normală axa My ;
- *planul secant* $[P_Y]$, este planul secant ce are ca normală axa Mx .

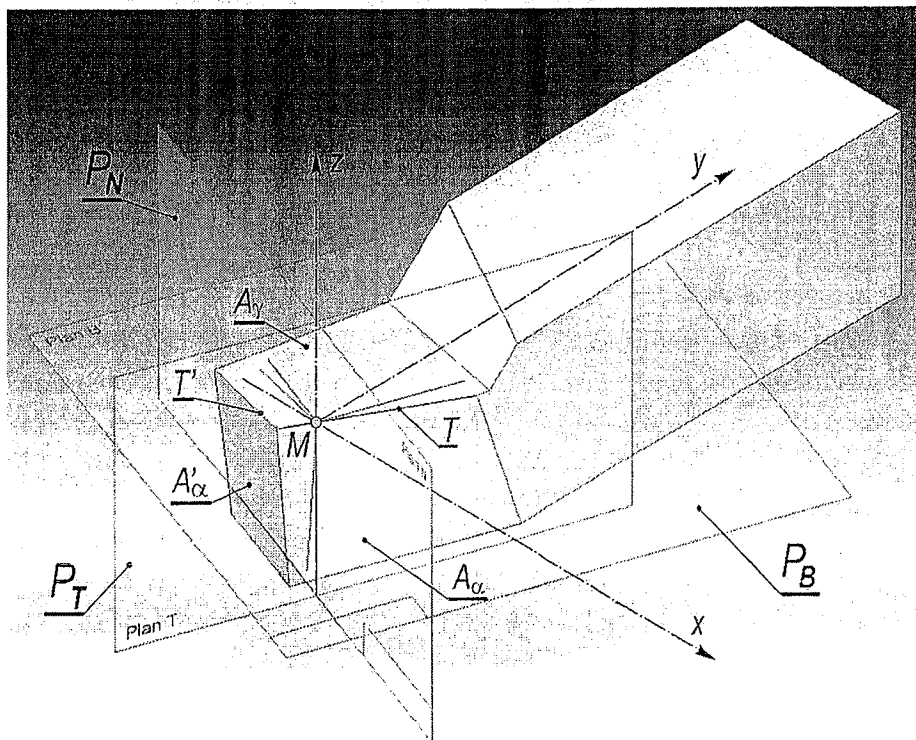


Fig. 3.3. Sistemul de referință constructiv al unui dinte așchietor

Observații:

♦ Poziția planelor constructive $[P_T]$ și $[P_S]$ (sau $[P_N]$, $[P_X]$, $[P_Y]$) și, prin urmare, și mărimea unghiurilor constructive (definite în aceste plane), este în principiu diferită de la un punct M la altul, în lungul aceluiași tăiș (spre exemplu tăișul curbiliniu), motiv pentru care trebuie precizată cu exactitate poziția pe tăiș a punctului generic M , în care se definesc și se măsoară unghiurile constructive.

♦ Planele constructive se definesc pentru fiecare tăiș, căpătând denumirea tăișului respectiv: plan ... principal, plan ... secundar, plan ... auxiliar, plan ... de trecere, iar notarea se face cu indicele corespunzător tăișului (v. fig. 3.2, a).

◆ *Unghiurile constructive* – definite și măsurate în planele sistemului de referință constructiv, pot fi grupate în:

² Stabilirea corectă a poziției planului de bază $[P_B]$ se face prin raportarea la direcția principală de așchiere Mz și nu la suprafața de sprijin a sculei, care numai în cazuri particulare este paralelă cu planul de bază (cazul cuțitelor de strung și de raboteză).

- ♦ unghiuri pentru determinarea poziției tăișului;
- ♦ unghiuri pentru determinarea poziției feței de așezare și a celei de degajare.

3.2. Unghiurile de poziție ale tăișului

Pentru definirea poziției fiecărui tăiș se utilizează următoarele unghiuri: *unghiul de atac*; *unghiul la vârf*; *unghiul de înclinare* (fig. 3.4).

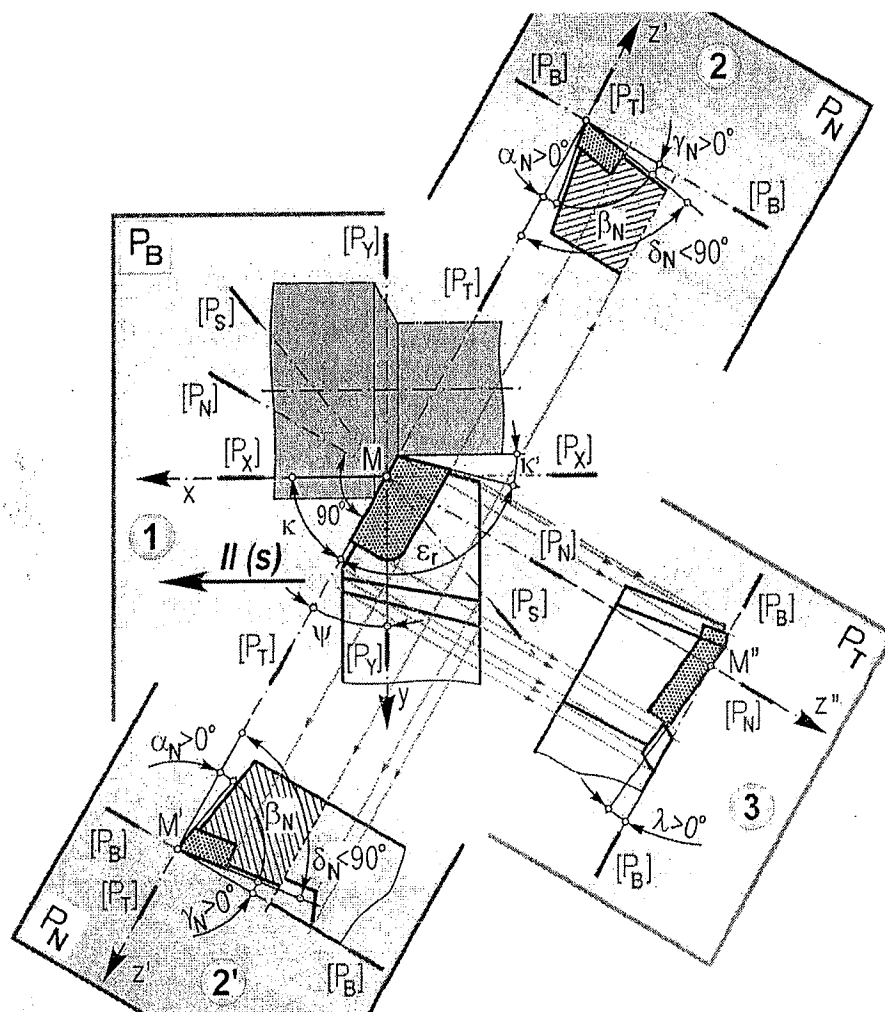


Fig. 3.4. Reprezentarea unui dinte așchietor în planele de referință constructive, cu evidențierea unghiurilor de poziție ale tăișurilor și ale fețelor de degajare și de așezare (cu 1, 2, 2' și 3 este marcată ordinea de reprezentare grafică a proiecțiilor)

⌘ **Unghiul de atac (K) al tăișului** este unghiul definit în planul de bază constructiv $[P_B]$ și măsurat (în punctul M) între planul tăișului $[P_T]$ și direcția mișcării de avans Mx ³.

Unghiul de atac constructiv se definește pentru fiecare tăiș și capătă denumirea corespunzătoare acestuia: unghi de atac principal K , unghi de atac secundar K' , unghi de atac auxiliar K_1 , unghi de atac de trecere K_0 .

⌘ **Unghiul de vârf (la vârf) (ϵ_r)** este unghiul definit în planul de bază constructiv $[P_B]$ și măsurat între urmele a două tăișuri concurente (vecine) (sau unghiul măsurat între planele tăișurilor ce delimitează un vârf al dintelui așchietor)⁴.

Între unghiurile K , K' și ϵ_r există relația evidentă:

$$K + K' + \epsilon_r = 180^\circ \quad (3.1)$$

³ La strunjire există două direcții posibile de avans (longitudinal și transversal), dintre care direcția longitudinală (în lungul axei Ox) se consideră ca fiind direcția principală de avans.

⁴ La un dinte așchietor, numărul de vârfuri este cu unu mai mic decât numărul de tăișuri, fiecărui vârf fiindu-i caracteristic un unghi ϵ_r .

☞ **Unghiul de înclinare al tăișului (λ)** este unghiul definit în planul tăișului $[P_T]$ și măsurat între planul de bază $[P_B]$ și urma tăișului în $[P_T]$.

Ca și în cazul unghiului de atac K , unghiul de înclinare λ se definește pentru fiecare tăiș și primește denumirea tăișului respectiv.

3.3. Unghiurile de poziție ale suprafețelor active (fața de degajare și fața de așezare)

Unghiurile care precizează poziția fețelor de degajare și de așezare se definesc în planul secant (în mod frecvent, în planul secant normal $[P_N]$) și sunt: • *unghiul de degajare*, • *unghiul de așezare*, • *unghiul de ascuțire* și • *unghiul de așchiere* (v. fig. 3.4).

☞ **Unghiul de degajare constructiv (γ)** este definit în planul secant $[P_S]$ și se măsoară între planul tangent în punctul M la fața de degajare A_v și planul de bază $[P_B]$.

Pentru pozițiile particulare ale planului secant, unghiul de degajare se notează cu indicele corespunzător acestuia: γ_N – în planul $[P_N]$; γ_X – în planul $[P_X]$; γ_Y – în planul $[P_Y]$.

☞ **Unghiul de așezare constructiv (α)** este definit în planul secant $[P_S]$ și se măsoară între planul tangent la fața de așezare A_a în punctul M considerat și planul tăișului $[P_T]$ prin același punct.

Unghiul de așezare constructiv se măsoară în același plan secant cu unghiul γ și se notează după caz cu α , α_N , α_X , α_Y .

3.4. Observații asupra unghiurilor constructive

- ♦1. Unghiurile de atac K , K' , K_0 , ... și unghiurile de vârf ε_r – măsurate în planul de bază $[P_B]$ sunt, prin definiție, considerate pozitive⁵.
- ♦2. Unghiul de degajare γ (ca unghi de poziție a feței de degajare în raport cu planul de bază), capătă valori negative sau pozitive, semnul lui fiind impus, prin convenție, de mărimea unghiului de așchiere δ . Astfel, pentru $\delta < 90^\circ$, efectul de pană al sculei este mai accentuat, condițiile de formare și detașare a așchilor sunt îmbunătățite și, prin urmare, unghiul γ este considerat pozitiv, în timp ce pentru $\delta > 90^\circ$ efectul de pană este mai scăzut, iar γ se consideră negativ. În exemplul ilustrat în fig. 3.4. s-a considerat cazul unghiului γ pozitiv.
- ♦3. Unghiul de așezare α capătă numai valori pozitive; în caz contrar apare contact piesă - suprafață de așezare și imposibilitatea desfășurării procesului de așchiere.
- ♦4. *Unghiul de înclinare λ (definit în $[P_T]$) este un caz particular de unghi de degajare. De aceea, semnul unghiului de înclinare λ respectă aceeași regulă ca și unghiul γ : λ este negativ când tăișul, în mișcarea lui, precede vârful sculei și este pozitiv când vârful sculei așchietoare precede celelalte puncte de pe tăiș (fig. 3.5.).*

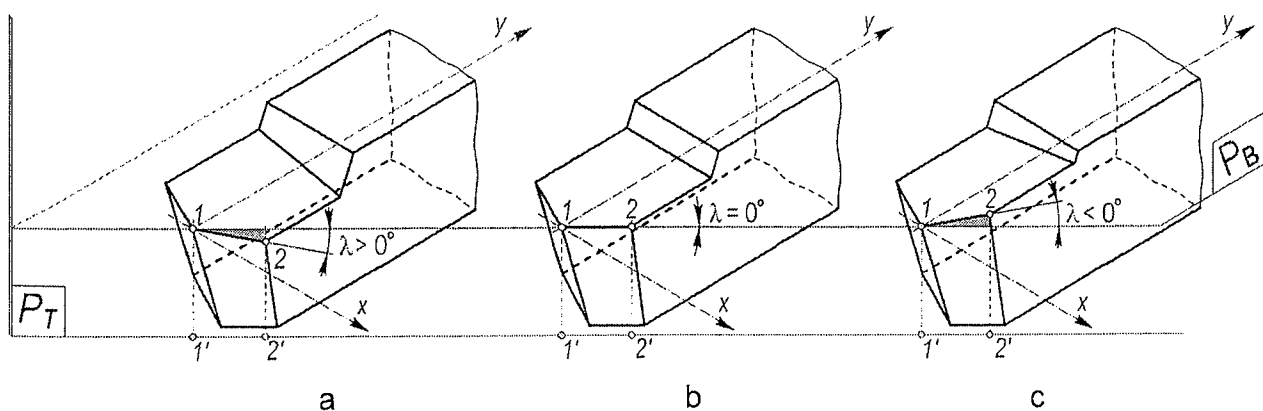
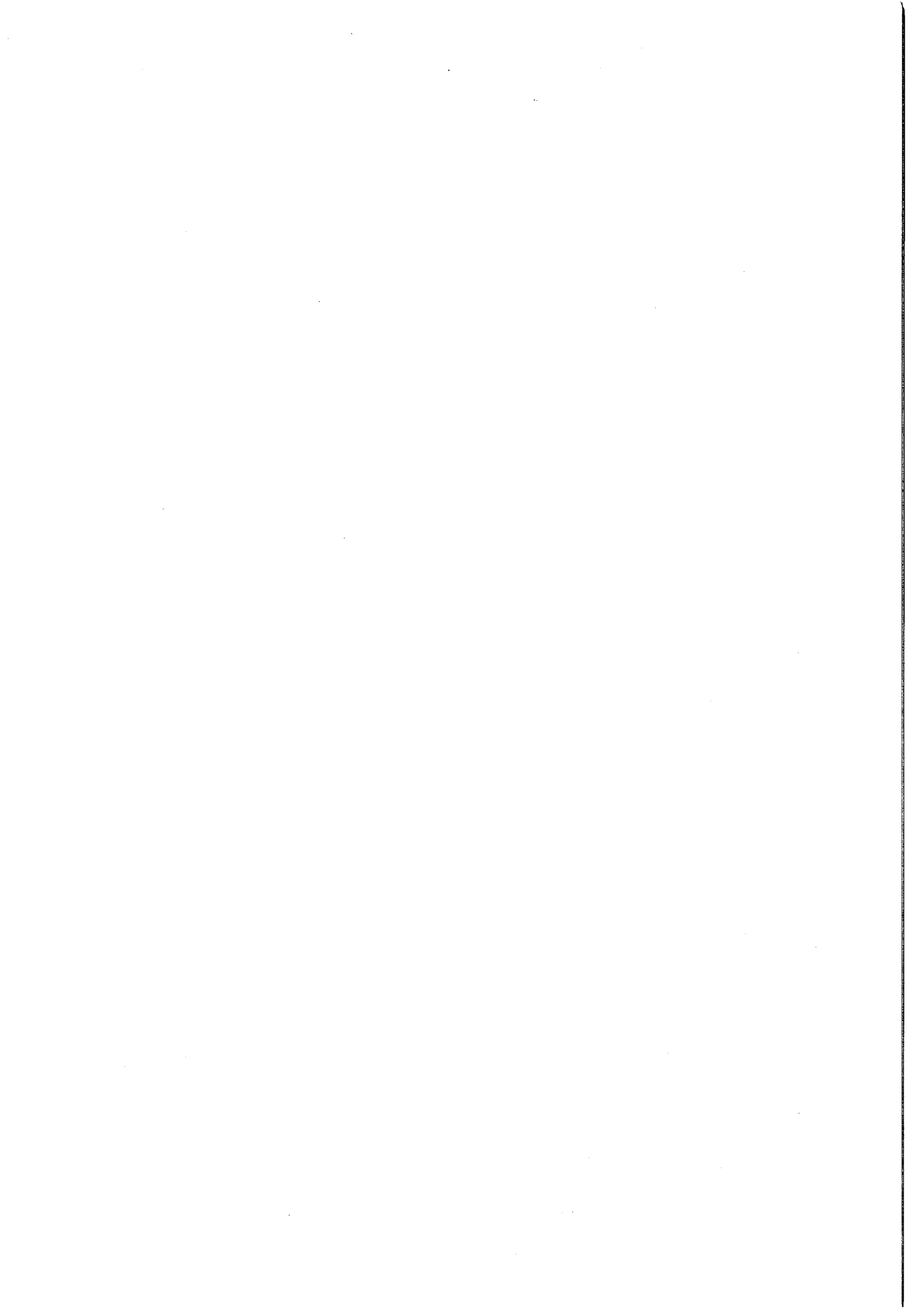


Fig. 3.5. Unghiul de înclinare λ al tăișului la un dinte așchietor

⁵ Nu există noțiunea de unghi de atac negativ; considerarea unui tăiș cu unghiul K negativ ar atrage după sine transformarea acestuia din tăiș principal în secundar.



MUCNPA 4

OPERAȚII TEHNOLOGICE PE STRUNGUL NORMAL

1. Operații tehnologice simple efectuate pe strungul normal

Strunjirea este unul din procedeele de prelucrare prin așchiere cele mai răspândite (cca 30% din totalul operațiilor de așchiere), care constă din compunerea mișcării principale de rotație a piesei $I(n, v)$ cu mișcarea de avans continuu $II(s)$, executată de scula așchietoare, pe direcție longitudinală, transversală sau combinată (fig. 4.1).

Înainte de fiecare trecere¹ se realizează poziționarea relativă sculă - piesă, pentru stabilirea adâncimii de așchiere, prin deplasarea cuțitului pe direcție normală direcției de avans (transversală sau longitudinală)².

Prin strunjire se pot realiza suprafețe de revoluție (cilindrice și conice, exterioare sau interioare, riglate sau profilate), suprafețe plane, elicoidale, spirale și chiar suprafețe poligonale. Procedul este caracterizat printr-o mare productivitate, iar precizia de prelucrare este suficient de ridicată, încât, pentru multe situații, strunjirea poate constitui operație finală de prelucrare.

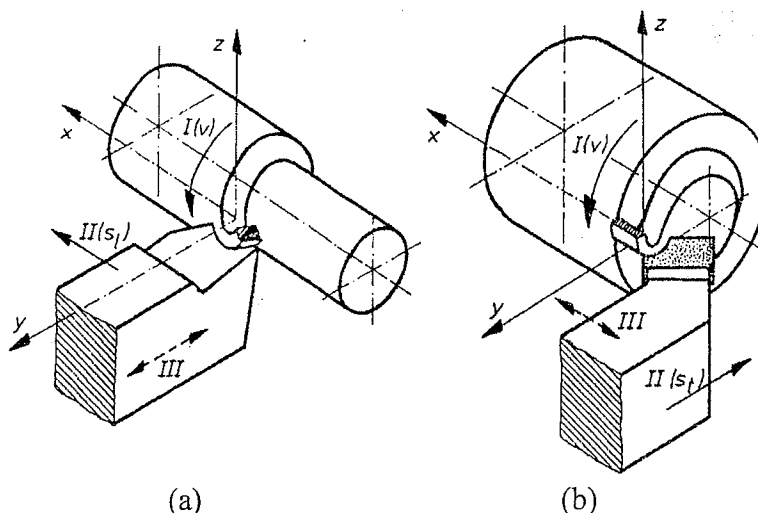


Fig. 4.1. Mișcările de lucru la strunjirea suprafețelor cilindrice (a) și a celor plane frontale (b) pe strungul normal

Operația caracteristică pe strungul normal este cea de strunjire (cu cuțite de strung), dar se pot efectua și alte tipuri de operații, ca de exemplu: găurirea (cu burghiul); lărgirea (cu burghiul, lărgitorul sau cuțitul); adâncirea (cu adâncitorul sau cu cuțitul); lamarea (cu lamatorul sau cu cuțitul); alezarea (cu alezorul sau cu cuțitul); filetarea (cu tarodul, cu filiera sau cu cuțitul).

Cele mai reprezentative scheme de prelucrare prin așchiere pe strunguri normale sunt prezentate în figurile 4.2...4.7:

- ♦ strunjirea cilindrică exterioară (fig. 4.2) și interioară (fig. 4.3);
- ♦ strunjirea suprafețelor frontale (fig. 4.4);
- ♦ strunjirea canalelor (fig. 4.5);
- ♦ teșirea muchiiilor (fig. 4.6);
- ♦ strunjirea suprafețelor conice (fig. 4.7).

¹ În mod frecvent, adaosul de prelucrare de pe semifabricat este împărțit în mai multe treceri succesive ale sculei; trecerile de degroșare sunt urmate de trecerea de finisare.

² Mișcările de apropiere-retragere rapidă, precum și mișcarea de reglare - poziționare au loc în afara procesului de așchiere (sunt mișcări auxiliare) și se simbolizează cu linie întreruptă.

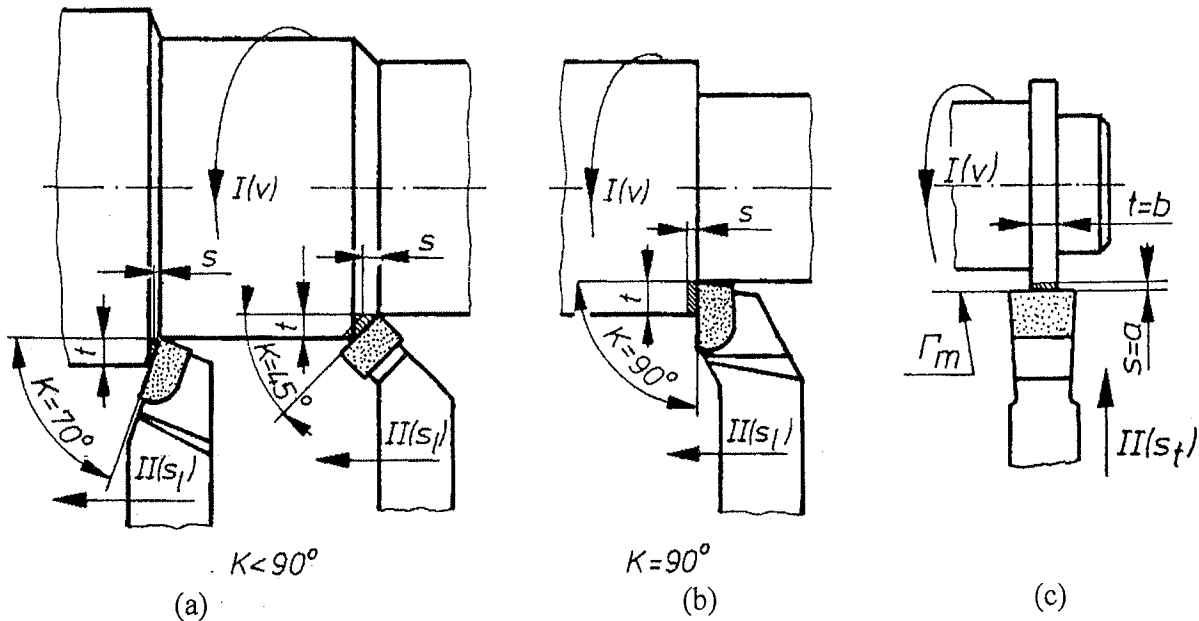


Fig. 4.2. Strunjirea cilindrică: (a); (b) – suprafață exterioră cu avans longitudinal; (c) – suprafață exterioră cu avans transversal

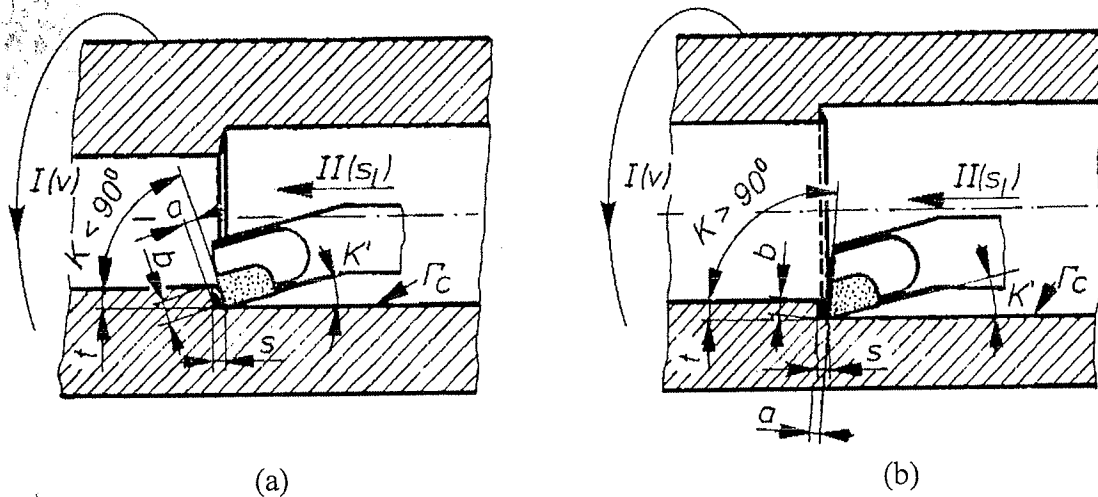


Fig. 4.3. Strunjirea suprafețelor cilindrice interioare: (a) – gaură străpunsă; (b) – gaură înfundată sau cu prag

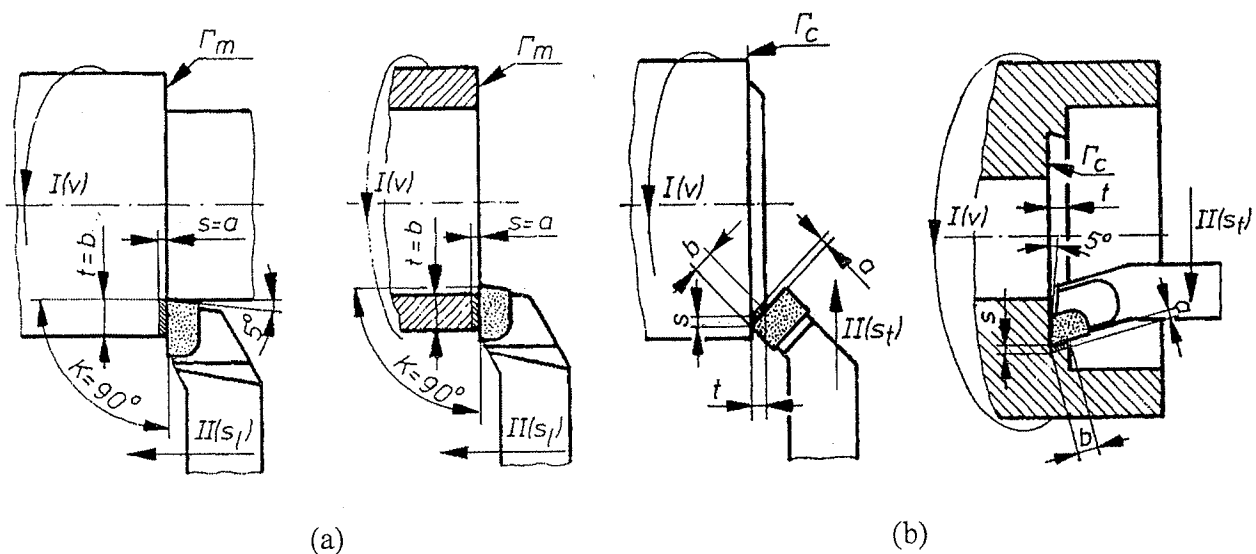


Fig. 4.4. Strunjirea suprafețelor plane frontale cu generatoare materializată (a) și cinematică (b)

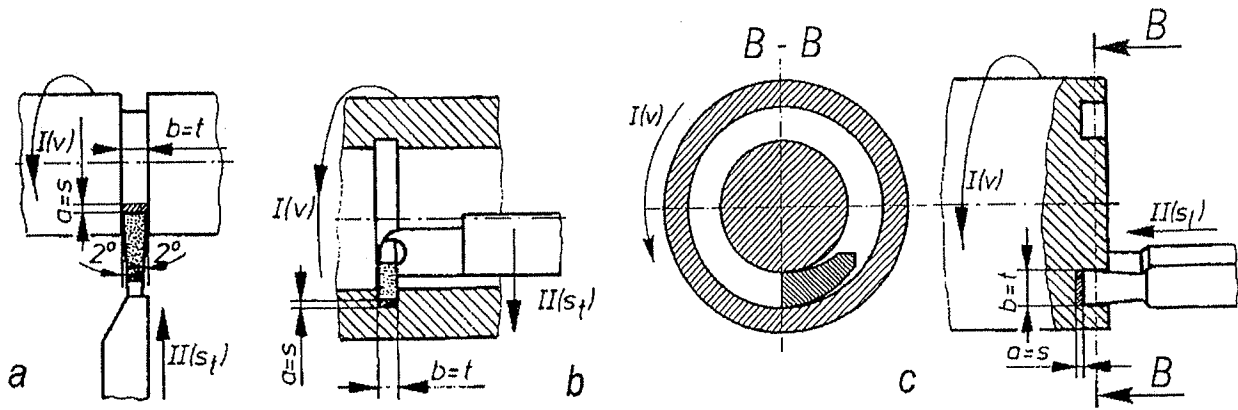


Fig. 4.5. Strunjirea canalelor:

(a) canal transversal cilindric exterior; (b) canal transversal cilindric interior; (c) canal frontal

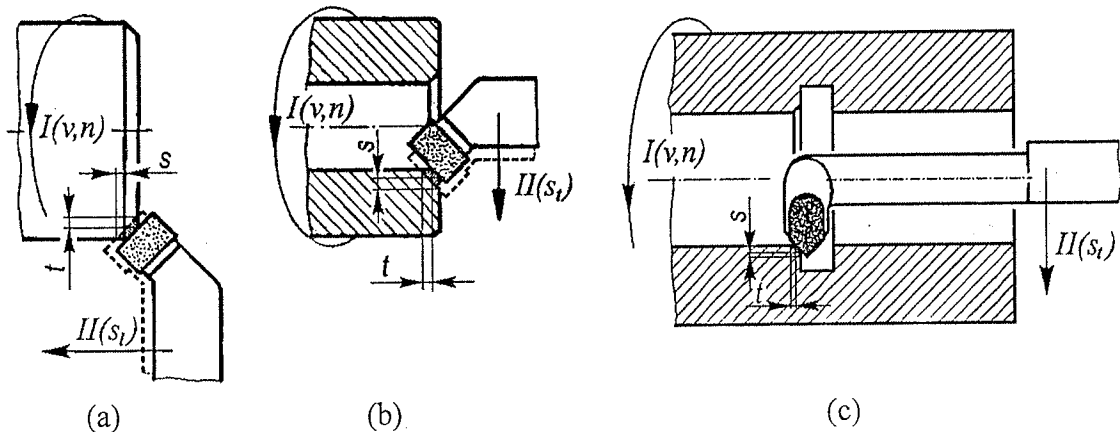


Fig. 4.6. Strunjirea canalelor: (a) canal transversal cilindric exterior; (b) canal transversal cilindric interior; (c) canal frontal

◆ **Burhierea, lărgirea, adâncirea, alezarea** sunt operații specifice mașinilor de găurit și alezat, dar pot fi efectuate și pe strung (fig. 4.8 și 4.9). Scula așchietoare corespunzătoare (burghiu, lărgitor, adâncitor, alezor) este fixată în pinola păpușii mobile – direct în conul pinolei (v. fig. 4.8, b) sau prin intermediul unor reduții – în cazul sculelor cu coadă conică, ori cu ajutorul unor dispozitive de prindere intermediare – în cazul cozilor cilindrice – și i se imprimă manual mișcarea de avans axial. Burhierea este precedată de operația de *centruire* și este urmată eventual de lărgirea cu burghiul sau cu lărgitorul. Aceste operații sunt premergătoare oricărei strunjiri interioare.

◆ **Alezarea** (fig. 4.9) este o operație de finisare a alezajelor, ce poate fi efectuată cu alezorul (fig. 4.9, b) sau cu bara de alezat (fig. 4.9, a) – fixată în suportul portcuțit prin intermediul unei bucle elastice (cu secțiune circulară la interior și rectangulară la exterior).

◆ Pe strung se pot executa filete exterioare (cu ajutorul tarodului sau cu cuțitul) și filete interioare (cu cuțitul sau cu filiera).

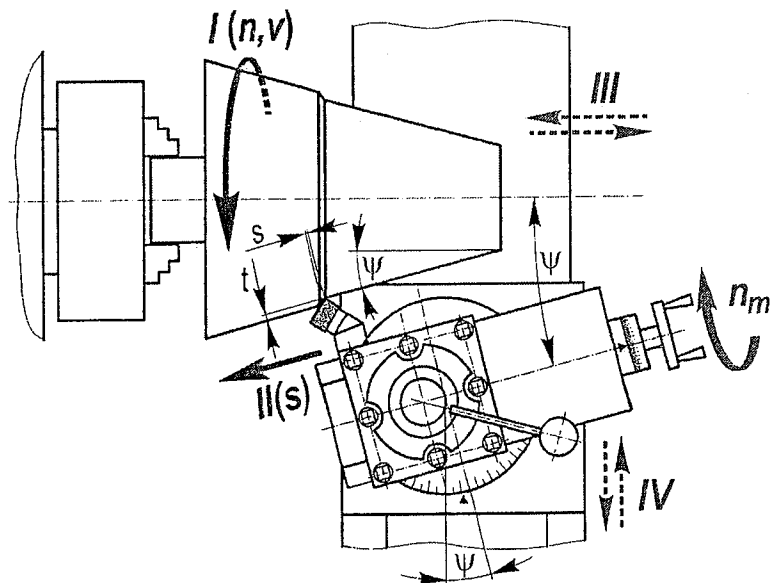


Fig. 4.7. Strunjirea conică exterioră

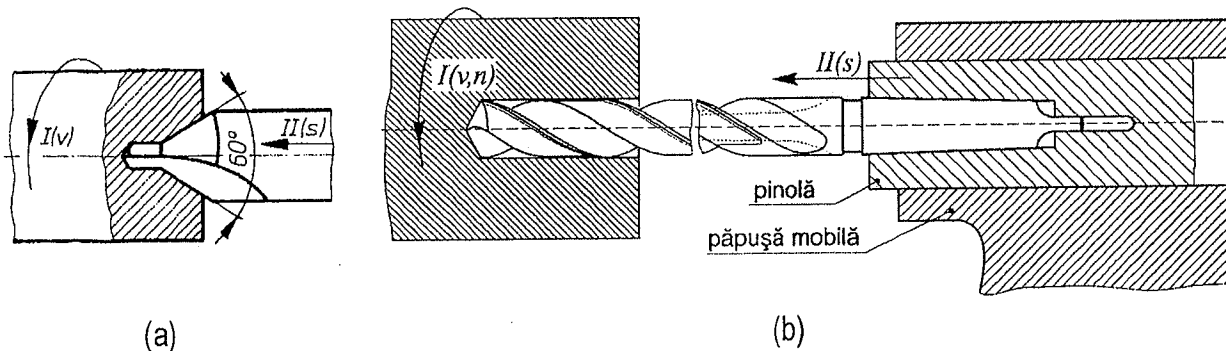


Fig. 4.8. Cinematica centrării (a) și a burghierii (b) pe strung

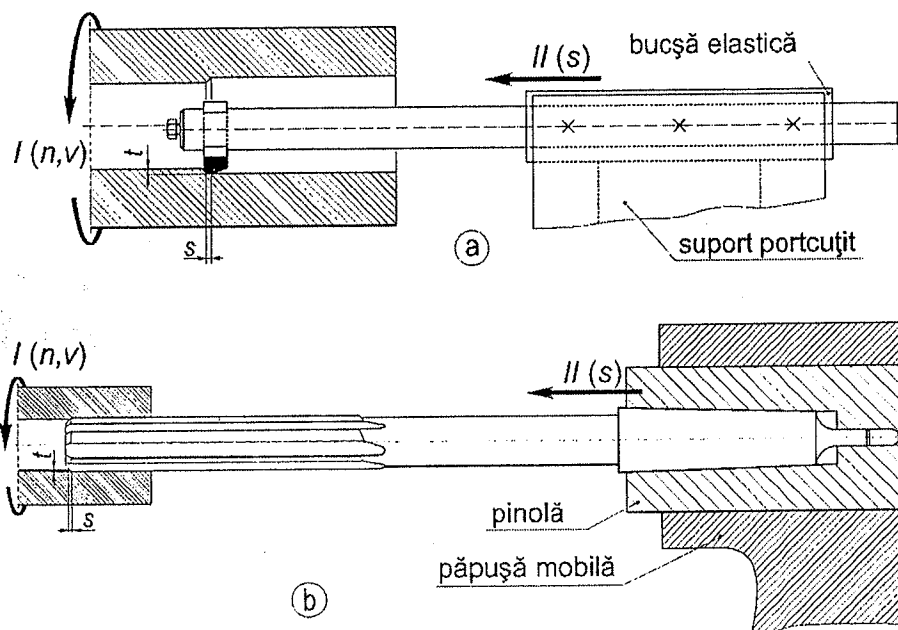


Fig. 4.9. Cinematica alezării pe strung: cu bara de alezat (a) și cu alezorul (b)

La filetarea cu tarodul (fig. 4.10) sau filiera piesa este fixată în dispozitivul universal de prindere al strungului și execută mișcarea principală de rotație. Scula se fixează în pinola păpușii mobile prin intermediul unei mandrine speciale, care îi asigură deplasarea axială liberă, dar o împiedică la rotire. Tarodul sau filiera pot fi acționate și manual, de către operator, cu ajutorul unor dispozitive simple (port-tarodul sau port-filiera).

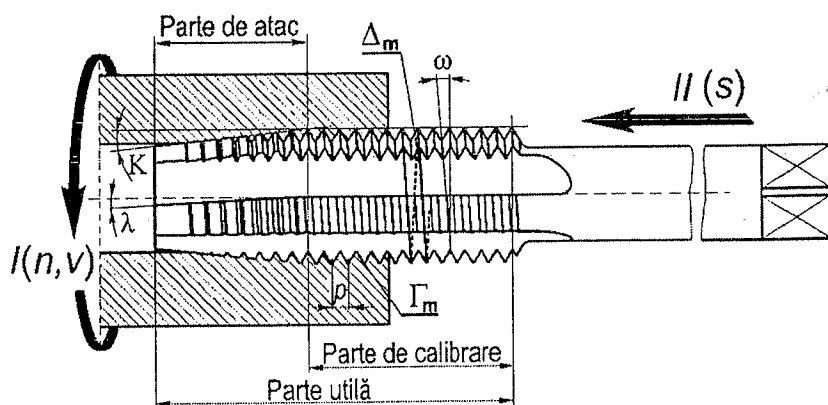


Fig. 4.10. Cinematica tarodării pe strung

◆ *Filetarea cu ajutorul cuțitului* are la bază generarea suprafețelor elicoidale cu ajutorul cinematicii strungului, care asigură interdependența dintre mișcarea de rotație a piesei și mișcarea de avans a cuțitului, astfel încât, la o rotație completă a semifabricatului, să corespundă o deplasare a cuțitului egală cu pasul elicei. Această condiție cinematică se realizează printr-un lanț cinematic rigid (cu raport de transfer riguros constant), numit *lanț de filetare*, ce conține unul sau mai multe mecanisme de reglare a mărimii pasului elicei filetului (un mecanism cu liră și roților de schimb și o cutie de avansuri și filete CAF).

2. Construcția și cinematica strungului normal

Strungul este destinat prelucrării suprafețelor de revoluție cilindrice, conice, plane, elicoidale (filete) și profilate, exterioare și interioare, în condițiile unei producții de serie mică, mijlocie sau mare. Strunjirea asigură o productivitate bună și precizie satisfăcătoare pentru forma și dimensiunile suprafețelor prelucrate; este considerată o prelucrare de degroșare și semifinisare și se pretează la execuția pieselor de dimensiuni mici (de mecanică fină) până la cele de dimensiuni foarte mari (de mecanică grea).

Strungurile se clasifică după diferite criterii: ♦ după calitatea și precizia suprafeței generate; ♦ după dimensiuni de gabarit (strunguri mici, mijlocii, grele și foarte grele); ♦ după gradul de universalitate (strunguri universale, specializate și speciale); ♦ după gradul de automatizare (strunguri cu comandă manuală, semiautomate și automate); ♦ după poziția arborelui principal (strunguri orizontale, strunguri verticale sau carusel); ♦ după numărul arborilor principali (strunguri monoax și multiaxe).

Strungurile normale se caracterizează prin poziția orizontală a arborelui principal, avansul longitudinal și transversal continuu și universalitatea prelucrărilor efectuate.

2.1. Construcția strungului normal

Forma constructivă și principalele părți componente ale unui strung normal din gama mijlocie sunt prezentate în figura 4.11. Pe batiul (patul) 1, sprijinit pe două picioare 2 și 3 și prevăzut cu ghidajele longitudinale 4, se deplasează căruciorul 5, pe care se află sania principală (longitudinală) 6, cu sania transversală 7 și săniuța longitudinală 8, cu suportul portsculă 9. Pe batiul strungului este montată păpușa fixă 10, în care se găsesc mecanismele cutiei de viteze C_v și arborele principal 11 al strungului, la capătul căruia este montat dispozitivul de prindere 12 a semifabricatului. Sub cutia de viteze se află cutia de avansuri și filete 13, care primește mișcarea de la cutia de viteze și, prin intermediul unei lire cu roți de schimb $AsBs$ (situată sub capacul de protecție 14), o transmite căruciorului 5 prin bara de avansuri 15 (la strunjirea obișnuită) sau prin șurubul conducător 16 (la filetarea cu cuțitul). Păpușa mobilă 17, așezată pe niște ghidaje ale batiului (plasate între ghidajele 4 ale mesei principale 6), se poate deplasa longitudinal (manual la strungurile mici și mijlocii și mecanic la strungurile grele) și folosește la sprijinirea semifabricatelor lungi sau la operații de burghiere, lărgire, adâncire, alezare, tarodare ș.a., scula montându-se în pinola 18. Motorul electric de acționare 19 al cutiei de viteze este fixat în partea superioară a păpușii fixe (ca în figura 4.11) sau în partea inferioară a piciorului 2. Unele strunguri universale posedă suplimentar o bară 20 de legătură a manetelor de pornire-oprire.

În afara subansamblurilor principale evidențiate în figura 4.11, strungul normal mai are o serie de organe de comandă, roți de mână, manete, butoane – specifice ca formă și mod de poziționare fiecărui strung în parte.

Parametrii caracteristici principali ai strungului universal sunt:

- ♦ distanța între vârfuri (vârful antrenor fixat pe arborele principal și vârful din pinola păpușii mobile) – indică lungimea maximă a semifabricatului ce se poate prelucra între vârfuri;
- ♦ diametrul maxim al semifabricatelor care se pot prelucra.

2.2. Cinematica strungului normal (universal)

Modul de realizare a mișcărilor de lucru, plecând de la motorul electric de acționare a strungului, prin lanțurile cinematice proprii fiecărei mișcări, la sculă și la piesă, rezultă din *schema cinematică structurală* a strungului normal (figura 4.12).

♦ *Mișcarea principală I de rotație* a semifabricatului se asigură de *lanțul cinematic principal*, ce conține, ca principale elemente, motorul electric ME_1 și cutia de viteze C_v – având ca

element final axul principal AP , care antrenează piesa P . Transmiterea mișcării de la motorul electric la cutia de viteze se face prin transmisia cu curele $1-2$ sau prin cuplarea directă a axului motorului la primul ax al cutiei de viteze. Pentru a oferi posibilitatea operatorului de a porni în gol motorul electric și de a cupla abia ulterior cutia de viteze, lanțului cinematic principal i s-a atașat un cuplaj de oprire - pornire C_1 . El mai conține, de asemenea, un inversor de sens I_1 și un element de frânare F , pentru oprirea rapidă a arborilor la decuplarea mișcării principale (frâna F acționează la deschiderea cuplajului C_1). Cutia de viteze C_v constituie mecanismul de reglare³, ce realizează la axul principal un număr de trepte de turație $n_1 \div n_q$ [n în rot/min], dispuse în serie geometrică și este construită, la marea majoritate a strungurilor normale, cu roți baladoare (deplasabile axial pe arbori canelați); fixarea turației dorite se face prin intermediul uneia sau a mai multor manete, așezate pe carcasa cutiei de viteze (dispuse în cutia păpușii fixe sau în batiu).

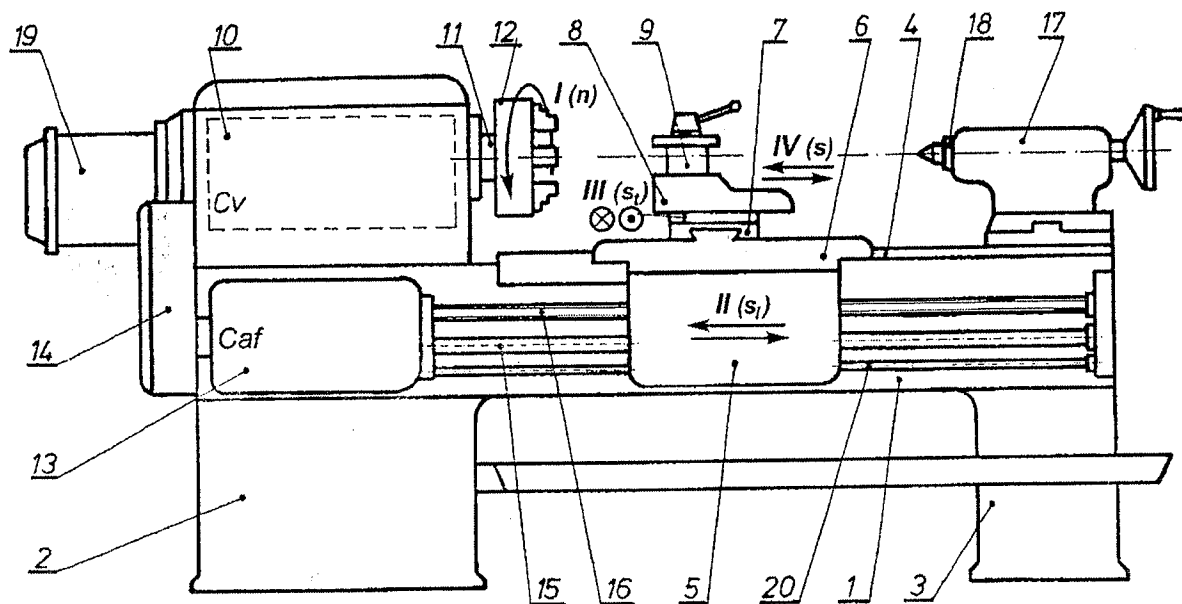


Fig. 4.11. Elementele componente ale strungului normal

◆ *Mișcarea de avans* este derivată din lanțul cinematic al mișcării principale prin lira roților de schimb $AsBs$ la cutia de avansuri și filete Caf (construită cu mecanisme Norton și roți baladoare sau numai cu roți baladoare). De aici mișcarea de rotație se poate transmite la cutia căruciorului Cc pe două căi:

- ◆ **a** – prin șurubul conducător Sc și piulița Ps solidară cu căruciorul (constituind mecanismul de transformare a mișcării de rotație în mișcare rectilinie, de avans longitudinal al căruciorului), în cazul operațiilor de filetare (cuplajul C_3 este în poziția 1);
- ◆ **b** – prin bara conducătoare Ba (bara de avansuri) la mecanismele din cutia căruciorului, pentru operațiile de strunjire (cuplajul C_3 este în poziția 3).

Mecanismele din cutia căruciorului Cc asigură transmiterea mișcării de rotație de la bara de avansuri Ba mai departe:

- **b₁** – la pinionul Pc al cremalierii Cr și transformarea mișcării de rotație în mișcare de avans longitudinal II al căruciorului (cuplajul C_4 în poziția 1);
- **b₂** – la șurubul conducător transversal Sct , prin care se obține mișcarea III a saniei

³ Mecanismele de reglare pot fi de natură mecanică, hidraulică, electrică sau combinate; cele mai frecvente sunt cele mecanice – cu roți de schimb, cu roți glisante, cu cuplaje etc. Aceste mecanisme, combinate uneori cu motoarele electrice cu două sau trei turații, dau construcții simplificate și un număr mare de trepte de turație la axul principal. La unele strunguri mai mici se utilizează și variatoare mecanice continue de turații sau combinații ale acestora cu cutii de viteze mai simple.

transversale St (cuplajul C_4 în poziția 3). Prin locul de amplasare a comutatorului C_4 , constructorul mașinii a urmărit imposibilitatea cuplării simultane (accidentale) a celor două avansuri mecanice (longitudinal și transversal).

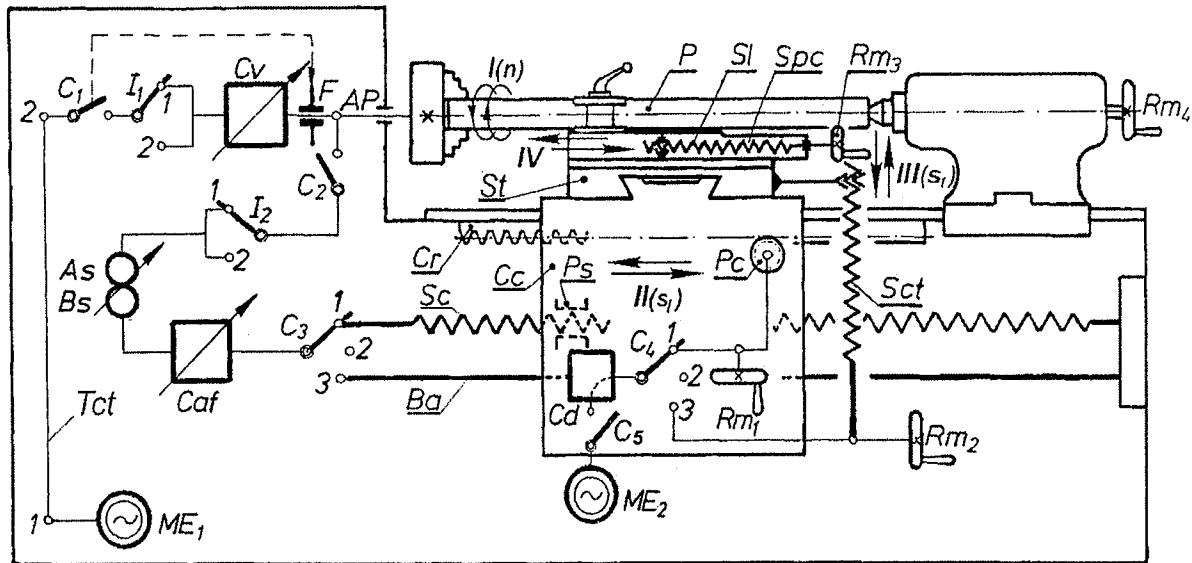


Fig. 4.12. Schema cinematică structurală a strungului normal

Mișcările de avans pot fi realizate și manual, dacă se întrerupe într-un punct lanțul cinematic de avans mecanic (cuplajul C_2 deschis sau C_4 în poziția neutră 2) și se acționează manual elementul final printr-o manivelă sau roată de mână: Rm_1 – pentru acționarea pinionului Pc al cremalierii Cr în vederea deplasării căruciorului pe direcție longitudinală; Rm_2 – pentru acționarea șurubului de avans Sct , în vederea deplasării saniei transversale.

La majoritatea strungurilor mijlocii, mișcarea saniei portcuțit (săniuța longitudinală) se face numai manual.

◆ În afara mișcărilor de generare prezentate – pe direcțiile de avans II sau III , se pot realiza și *deplasări rapide de poziționare*. Deplasările de poziționare se efectuează fie manual – cu roțile de mână Rm_1 și Rm_2 , fie mecanic, prin *lanțurile cinematice auxiliare* acționate de la un al doilea motor electric ME_2 , mișcarea transmițându-se (cu turația nereglabilă) prin intermediul cuplajului de depășire Cd . Legătura directă a elementelor finale a lanțurilor de avans cu motorul ME_2 constituie de fapt *lanțurile cinematice de avans rapid*.

Sania portcuțit Spc (poziția 8 în fig. 4.11) se poate roti în plan orizontal și bloca pe sania transversală St și permite *deplasarea manuală* a suportului portcuțit pe direcția IV – paralelă sau înclinată față de ghidajele longitudinale. Este cea mai uzitată soluție pentru strunjirea suprafețelor conice exterioare (v. fig. 4.7) sau interioare. Întrucât șurubul Sl nu are o lungime prea mare, deplasarea IV se execută pe distanță de $150 \div 200$ mm.

Avansul la strung, în direcție longitudinală sau transversală, se măsoară prin valoarea deplasării saniei respective (exprimată în milimetri) la o rotație a arborelui principal [mm/rot].

◆ **Lanțul cinematic de filetare.** Strunjirea filetelor presupune generarea pe semifabricat a unei curbe elicoidale de pas impus p . Pentru aceasta, trebuie să se asigure, la o rotație a piesei, deplasarea longitudinală a căruciorului cu pasul p al filetelui de executat. Altfel spus, avansul la filetare trebuie să fie egal cu pasul filetelui p . Aceasta presupune existența unei *legături cinematice rigide* între turația piesei și viteza de deplasare longitudinală a căruciorului⁴.

Ansamblul cinematic care îndeplinește această funcție de reglare este format – în cazul

⁴ Lanțul cinematic de filetare este un lanț cinematic complex care se închide prin ansamblul sculă așchietoare - piesă (considerat ca un "mecanism fictiv") și corelează turația șurubului conducător Sc cu turația piesei, în funcție de pasul elicei de prelucrat și de pasul șurubului conducător al m-u.

strungurilor normale obișnuite, din lira cu roți de schimb $AsBs$ asociată cu o cutie de filete (cutie de multiplicare) (nereprezentată distinct în fig. 4.12). Mecanismele lanțului de filetare sunt comune cu cele ale lanțurilor cinematice de avans până la comutatorul C_3 , cutia de multiplicare constituind de fapt un subansamblu al cutiei de avansuri Caf . Deoarece o mare parte din pașii filetelor sunt multipli între ei de 2, 4, 8, ..., prin introducerea cutiei de multiplicare între lira cu roți de schimb și șurubul conducător Sc , se obține, pentru aceleași rapoarte de filetare de bază asigurate de roțile de schimb, un număr mai mare de pași⁵.

Prin intermediul șurubului conducător Sc și a piuliței cuplabile Ps (două semi-piulițe de zăvorâre) rigidizate de cărucior, mișcarea se transmite la cărucior. Aducerea sculei în poziția inițială, după fiecare trecere, se face prin inversarea sensului mișcării în întregul lanț cinematic (inversând sensul de rotație a arborelui principal). Se evită astfel decuplarea piuliței secționată, deoarece readucerea manuală a căruciorului în poziție inițială, chiar dacă s-ar efectua într-un timp mult mai scurt, ar ridica dificultăți mari de repunere a vârfului cuțitului pe traiectoria elicei filetelui.

În figura 4.13 sunt puse în evidență mișcările de lucru și cele auxiliare necesare strunjirii filetelor.

Ciclul cinematic este sugerat de pozițiile limită 1,2,3,4,1 ale cuțitului:

- apropierea rapidă VII a cuțitului din poziția I este urmată de avansul de pătrundere III (la fiecare trecere se stabilește adâncimea de așchiere);
- cuțitul fiind ajuns în poziția 2, se cuplează mișcarea principală de rotație I și, în interdependență cu I (prin lanțul cinematic închis) are loc deplasare continuă longitudinală II, până într-o poziție 3 - în afara materialului, când se decuplează mișcarea I (implicit și II);
- din punctul 3 în punctul 4 cuțitul este retras rapid, prin mișcarea auxiliară IV;
- cuțitul este readus din punctul 4 în punctul 1 prin cuplarea în sensul invers de rotație a piesei (mișcarea V); lanțul cinematic fiind în continuare închis, se va produce și inversarea sensului de rotație a șurubului de avans și deplasarea căruciorului în sens invers;
- în punctul 1 se va decupla mișcarea de rotație V și se va permite reluarea ciclului, până la îndepărtarea întregului adaos.

◆ Principalele subansamble specifice strungului normal SNA 500 și schema cinematică a acestuia sunt prezentate în anexa 2.

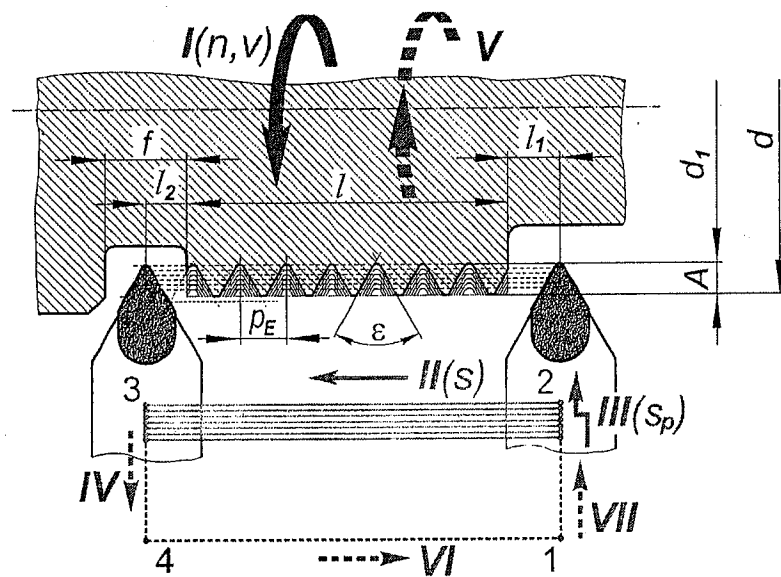


Fig. 4.13. Cinematica filetării cu cuțitul pe strung

⁵ Pe strungurile universale se pot executa patru tipuri de filete: *filete normale metrice* (cu pasul exprimat în mm); *filete în țoli (Whitworth)* - cu dimensiunea precizată prin numărul de pași N pe un țol (un inch = 25,4 mm); *filete modul* - caracteristice șuruburilor melc, cu pasul în mm; *filete Diametral Pitch* - caracteristice șuruburilor melc, cu pasul în țoli.

Anexa 2

CONSTRUCȚIA ȘI CINEMATICA STRUNGULUI UNIVERSAL SNA-500

Produs al Întreprinderii „Strungul” Arad, strungul SNA-500, după însuși simbolul său, se recomandă ca un strung normal, cu diametrul de prelucrare maxim de 500 mm. La acesta se disting următoarele subansambluri principale (figura A2.1):

◆ **Batiul (patul) 1**, turnat din fontă, este format din doi pereți longitudinali rigidizați prin nervuri transversale puternice. La partea superioară este prevăzut cu două sisteme de ghidare longitudinale 2:

- un sistem format dintr-un ghidaj în formă de V întors – în partea din față și alt ghidaj plan – în partea din spate, pentru conducerea saniei longitudinale 3;
- un sistem format dintr-un ghidaj plan – în partea din față și un ghidaj în formă de V întors – în partea din spate, sistem aflat în interiorul celui dintâi și paralel cu acesta, utilizat pentru conducerea păpușii mobile 4.

Batiul este montat rigid pe picioarele 5 și 6. În interiorul piciorului mare 5, în partea de jos, se află motorul principal de acționare ME_1 (motor asincron trifazat cu turația unică de 1500 rot/min și puterea de 7,5 kW), bazinul de ulei și pompa de ulei. În spațiul dintre picioarele 5 și 6 este fixată tava 7 pentru colectarea șpanului și a lichidului de răcire, iar sub această tavă se amplasează bazinul 8 pentru lichidul de răcire, pe care este amplasată și electropompa 9.

◆ **Păpușa fixă 10**, montată în partea stângă a batiului 1, conține cutia de viteze C_v , care primește mișcarea de la motorul ME_1 , prin intermediul unei transmisii cu curele trapezoidale Tct . Pe axul de intrare în C_v sunt montate și ambreiajele de mers înainte CE_1 și înapoi CE_2 (figura A2.2), comandate de inversorul 11, utilizat la cuplarea – decuplarea mișcării de rotație a arborelui principal 12 (v. fig. A2.1). Cu ajutorul tamburilor 13 și 14 poate fi comandată deplasarea roților baladoare din cutia de viteze, încât să se obțină la axul principal 12, toate cele 24 turații (21 turații distincte). Rotirea tamburului central 14 asigură, printr-o transmisie roată dințată - cremalieră, patru poziții de angrenare (v. fig. A2. 2) pentru baladorul cu patru roți 49-63-60-55 de pe axul III. Rotind tamburul exterior 13 (v. fig. A2.1) (pe acesta sunt marcate turațiile nominale), prin intermediul unei transmisii cu roți conice și a două came cilindrice ($CC1$ și $CC2$ în fig. A2.2) antrenate prin pană comună, se realizează deplasarea baladorilor 45-60-20 de pe axul III și 45-60-22 de pe axul V.

La dreapta tamburilor 13 și 14 (v. fig. A2.2) sunt grupate butoanele de comandă pentru pornirea - oprirea motorului electric (poziția 15), pentru cuplarea - decuplarea pompei de alimentare cu lichid de răcire - ungere (poziția 16) și pentru realizarea impulsurilor de rotire a arborelui principal (poziția 17).

De la cutia de viteze, care cuprinde arborii I ÷ VI (v. fig. A2.2), mișcarea se transmite cutiei de avansuri și filete (arborii XI ÷ XVI) prin intermediul baladorului 60-32 (pe axul VII), acționat de maneta 18 (v. fig. A2.1). Prin aceasta, se asigură posibilitatea filetării cu pas normal sau pas mărit. Maneta 19 se folosește pentru deplasarea roții baladoare 53 (pe axul VIII) (v. fig. A2.2), care are două poziții de angrenare și care permite inversarea sensului mișcării transmise către cutia de avansuri și filete.

- 1 - batiu (pat)
- 2 - ghidaje longitudinale
- 3 - sanie longitudinală
- 4 - păpușă mobilă
- 5/6 - picioare
- 7 - tavă colectare șpan
- 8 - bazin lichid răcire
- 9 - electropompă răcire
- 10 - păpușă fixă
- 11 - inversor sens mișcare
- 12 - arbore principal
- 13 - tambur exterior fixare turații (6 poziții)
- 14 - tambur central fixare turații (4 poziții)
- 15 - buton comandă oprire-pornire motor
- 16 - buton comandă cuplare-decuplare pompă răcire
- 17 - buton comandă impulsuri rotire arbore principal
- 18 - manetă reglare pas normal/mărit
- 19 - manetă inversoare sens avans
- 20 - cutie de avansuri și filete
- 21 - cepcă laterală liberă cu roți de schimb
- 22 - manetă reglare avansuri și pași (4 poziții: A...D)
- 23 - manetă reglare avansuri și pași (6 poziții: 1...6)
- 24 - manetă reglare avansuri și pași (5 poziții: I...V)
- 25 - cărucior
- 26 - bară conducătoare (bară de avansuri)
- 27 - șurub conducător
- 28 - sanie transversală
- 29 - roată de mână deplasare cărucior
- 30 - roată de mână deplasare sanie transversală
- 31 - manetă cuplare avans mecanic
- 32 - cremalieră
- 33 - buton manipulator
- 34 - bară de tamponare
- 35 - tamponare
- 36 - manetă cuplare/decuplare piuliță zăvor
- 37 - sanie portcuțit
- 38 - portcuțit normal
- 39 - vârf rotativ
- 40 - manetă fixare păpușă mobilă
- 41 - șurub suplimentar fixare păpușă mobilă
- 42 - pinolă păpușă mobilă
- 43 - roată de mână deplasare pinolă
- 44 - manetă rigidizare pinolă
- 45 - șuruburi deplasare transversală păpușă mobilă
- 46 - dulap electric
- 47 - întrerupător iluminare lampă
- 48 - lampă iluminare
- 49 - întrerupător electric principal
- AsBs
- ME₁ - motor electric principal
- ME₂ - motor electric avans rapid
- T_{av} - transmisie curele trapezoidale

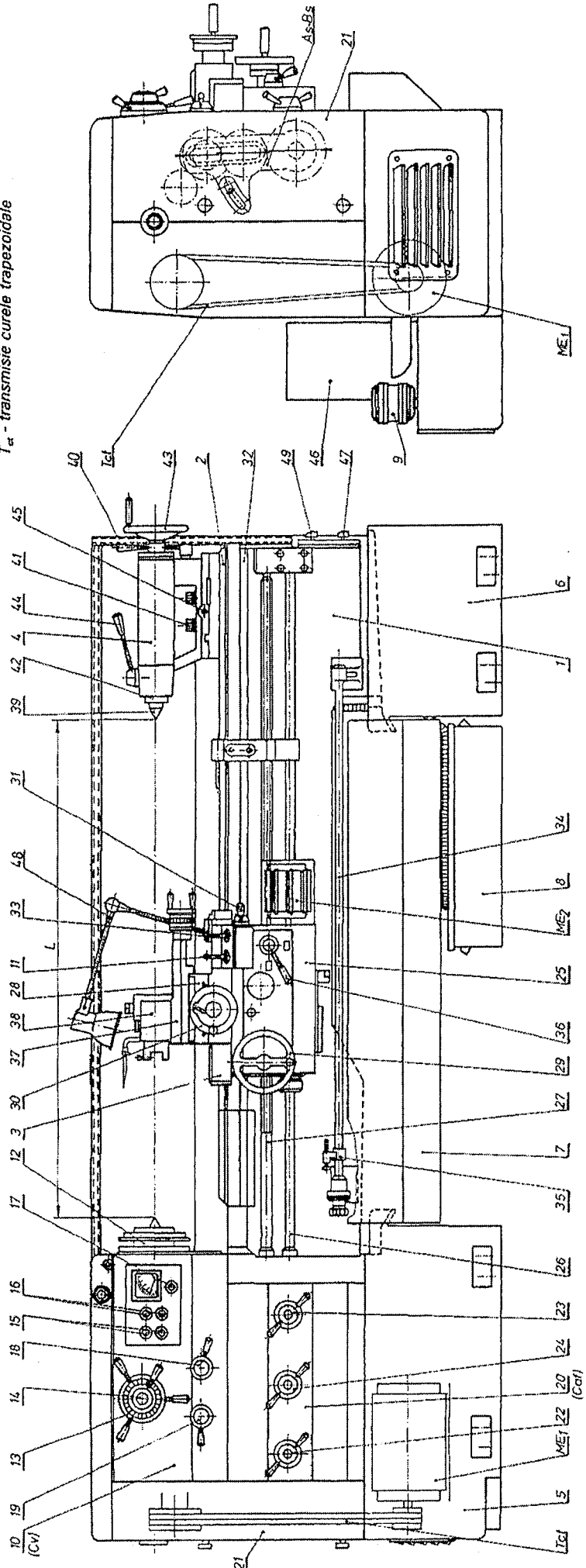


Fig. A2.1. Elementele constructive ale strungului normal SNA-500

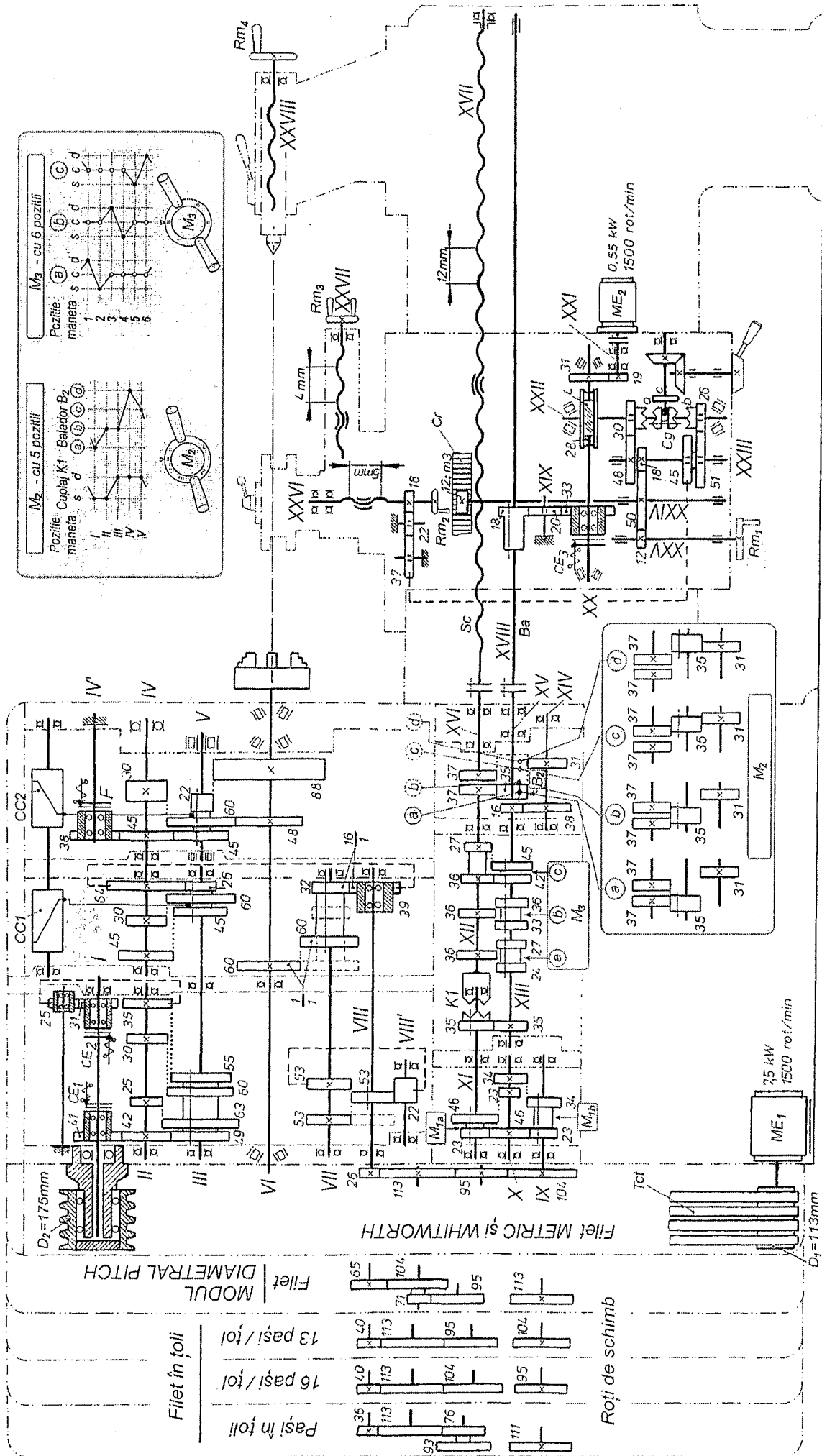


Fig. A2.2. Schema cinematică a strungului SNA 500

◆ **Cutia de avansuri și filete** (*Caf*) este fixată rigid pe batiu și primește mișcarea de la cutia de viteze *Cv* prin intermediul roților de schimb *AsBs*, plasate sub capacul lateral *21*. Din punct de vedere cinematic (v. fig. A2.2), realizarea diferitelor avansuri și filete se face prin intermediul unor roți dințate baladoare, comandate cu ajutorul unor came cilindrice. ◆ **Căruciorul 25** este rigidizat de sania longitudinală *3* și primește mișcarea de la cutia de avansuri și filete *20*, prin bara conducătoare (bara de avansuri) *26* sau prin șurubul conducător *27*. Mișcările de avans longitudinal și transversal ale căruciorului *25* și respectiv ale saniei transversale *28* pot fi realizate în următoarele moduri:

- ◆ *manual*, cu ajutorul roții de mână *29* (pentru deplasarea longitudinală a căruciorului) și a roții de mână *30* (pentru deplasarea transversală a saniei *28*);

- ◆ *mecanic (automat)*, cu avans de lucru, utilizând mișcarea de la bara de avansuri, care are practicat un canal de pană pe întreaga lungime activă a ei și prin care transmite mișcarea la pinionul cu 18 dinți de pe axul *XIX* (v. fig. A2.2), montat în cutia căruciorului. De la acesta, printr-un mecanism cu roți dințate și a cuplajului electromagnetic *CE₃* (pe axul *XXI*), mișcarea este transmisă la mecanismul reductor melc-roată melcată *4/28* și ajunge la cupla cu gheare *Cg* (axul *XXIII*), comandată de maneta *31* (v. fig. A2.1). Când maneta *31* se cuplează în jos (cupla *Cg* se deplasează în poziția *a*) (v. fig. A2.2), mișcarea se transmite prin roțile *30-48* și *18-50* la pinionul cu 12 dinți de pe axul *XXV* – aflat în permanentă angrenare cu cremaliera *Crm* (poziția *32* în fig. A2.1, fixată pe batiu) și asigură avansul longitudinal al căruciorul *25*. La cuplarea în sus a manetei *31*, cupla *Cg* (v. fig. A2.2) se deplasează în poziția *b* și, prin angrenajele *26-51* și *45-37-22-18*, rotește șurubul conducător *XXVII*, determinând deplasarea saniei transversale.

- ◆ *mecanic (automat)*, cu avans rapid, când mișcarea de rotație a cuplei *Cg* (v. fig. A2.2) este preluată direct de la motorul electric *ME₂*, montat pe carcasa căruciorului.

Deplasarea într-un sens sau altul este comandată cu ajutorul butonului manipulator *33* (v. fig. A2.1), mișcarea ajungând la mecanismul pinion-cremalieră de avans longitudinal sau la șurubul de avans transversal în funcție de poziția manetei *31*. În momentul cuplării motorului de avans rapid *ME₂* (v. fig. A2.2), cuplajul electromagnetic *CE₃* (de pe axul *XXI*) se decuplează, întrerupând legătura dintre bara de avansuri și cupla *Cg* (de pe axul *XXIII*) și permite utilizarea avansului rapid chiar în timpul lucrului cu avansul de lucru mecanic.

Decuplarea mișcării de avans se face prin aducerea manetei *31* (v. fig. A2.1) în poziție neutră (centrală)¹, dar decuplarea avansului longitudinal poate fi realizată și automat, prin sistemul de tamponare al căruciorului: sub cărucior, fixată de batiu, se află bara de tamponare *34*, pe care sunt montate tampoanele *35* (maxim 6 la număr) ce asigură, în funcție de poziția în care au fost reglate, posibilitatea opririi căruciorului la cota la care s-a făcut reglarea. Acest dispozitiv oferă posibilitatea reglării a maximum șase cote.

Sistemul de decuplare fiind de natură mecanică, se recomandă a fi utilizat la obținerea cotelor cu toleranțe mai largi, din cauza posibilelor erori datorate frecării elementelor în mișcare sau inerției acestora.

Pentru prelucrarea filetelor, căruciorul este deplasat cu ajutorul șurubului conducător *27* (*Sc* sau axul *XXVIII* în fig. A2.2), prin intermediul a două semi-piulițe zăvor, din bronz, cuplate pe șurub prin maneta *36* (v. fig. A2.1). Evitarea cuplării simultane la cutia de avansuri a șurubului conducător și a barei de avansuri este asigurată prin interblocarea mecanică a pârghiilor ce comandă aceste cuplări (maneta *31* din fig. A2.1).

◆ **Săniile.** Pe strungul normal SNA-500 se disting mai multe sănii (v. fig. A2.1): sania longitudinală *3*; sania transversală *28*; sania portcuțit *37*; portcuțitul normal *38*; portcuțitul rapid și portcuțitul din spate (nerepresentate în figură).

- ◆ Sania longitudinală *3* constituie suportul de bază atât al căruciorului cât și al subansamblelor

¹ Având în vedere faptul că maneta *33* este cu autorevenire, avansul rapid este cuplat numai cât timp este acționată aceasta. Eliberarea manetei asigură decuplarea automată a avansului rapid.

enumerare mai sus, ea putându-se deplasa manual sau mecanic pe ghidajele batiului.

♦ Sania transversală 28 poate fi deplasată atât cu avans manual cât și cu avans mecanic. Pentru deplasare manuală, maneta 31 trebuie să se afle în poziție neutră (cuplajul C_g din fig. A2.2 – axul XXIII, este pe poziția centrală c). Pe sania transversală pot fi montate diferite portcuțite, atât în fața semifabricatului cât și în spatele acestuia. În acest scop, în partea din față a fost practicat un canal circular cu secțiune T, care permite rotirea suportului intermediar (sania portcuțit 37 în fig. A2.1) sub unghiul dorit, iar în spate două canale T, paralele.

♦ Sania portcuțit 37 se poate deplasa numai cu avans manual, iar prin rotirea ei cu un anumit unghi, pot fi realizate strunjiri conice.

◆ **Păpușa mobilă 4**, care se poate deplasa manual și se poate rigidiza pe ghidajele longitudinale interioare 2 ale batiului, servește pentru sprijinirea pieselor lungi sau cu rigiditate scăzută pe vârful rotativ 39. Fixarea ei rapidă pe batiu se face cu ajutorul manetei 40, iar pentru o fixare mai sigură, de lungă durată, s-a prevăzut un șurub suplimentar de blocare 41.

Deplasarea pinolei 42 în interiorul păpușei mobile 4 se realizează numai manual, cu ajutorul roții de mână 43, iar rigidizarea acesteia într-o anumită poziție se face cu maneta 44. Scoaterea vârfurilor sau a diferitelor reducții din alezajul pinolei este posibilă prin retragerea acesteia până la capăt de cursă. Două șuruburi de reglare 45 – așezate față în față, permit deplasarea transversală a păpușii mobile cu maximum 10 mm, pentru strunjirea conică exterioară a pieselor lungi, fixate între vârfuri, utilizând avansul longitudinal.

În spatele piciorului 6 al strungului este amplasat dulapul electric 46, pe care este fixat întrerupătorul 47 al circuitului de alimentare a lămpii de iluminare 48 (la tensiunea de 24W) și întrerupătorul electric principal (general) 49.

Legăturile cinematice din cutia de viteze sunt puse în evidență în *schema fluxului cinematic* (figura A2.3), cu notațiile din figura A2.2.

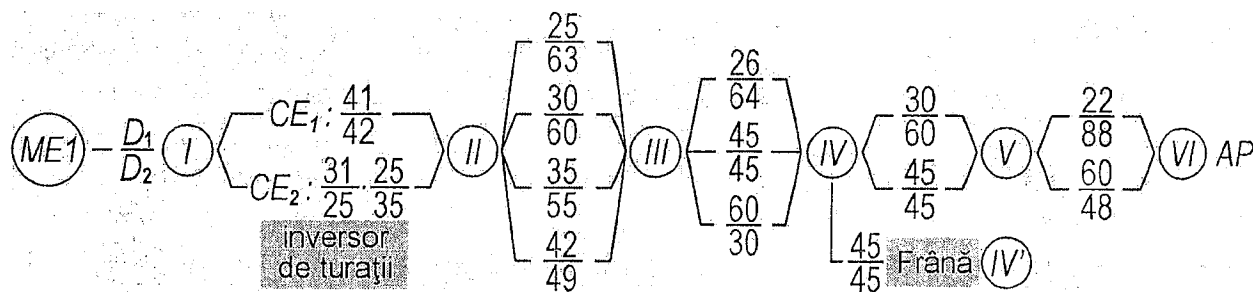


Fig. A2.3. Schema fluxului cinematic pentru cutia de viteze a strungului normal SNA 500



MUCNPA 5

PRELUCRAREA ALEZAJELOR

1. Scopul și conținutul lucrării

- ♦ Cunoașterea metodelor de prelucrare a alezajelor pe mașina de găurit și alezat și a parametrilor regimului de așchiere.
- ♦ Prezentarea structurii cinematice a mașinilor de găurit cu coloană și montant.

2. Procedee de prelucrare a alezajelor

Prelucrarea alezajelor prin așchiere comportă în primul rând realizarea unei suprafețe interioare (în cele mai dese cazuri de formă cilindrică), dar și a suprafeței frontale limitrofe, suprafață care poate fi conică, plană sau profilată. În mod frecvent, pe mașinile de găurit și de alezat se obțin suprafețe interioare cilindrice prin burghiere (găurire), dar sunt executate și operații de centruiere, lărgire-adâncire, lamare, filetare, iar ca operație finală, alezarea.

2.1. Prelucrarea alezajelor prin burghiere

Găurirea (burghierea) este un procedeu de prelucrare mecanică prin așchiere destinat obținerii din plin a unei suprafețe cilindrice interioare, cu ajutorul unor scule așchietoare numite *burghie*. În general, la găurire, piesa este fixată pe masa mașinii iar scula efectuează atât mișcarea de rotație (*mișcarea principală de așchiere I*), cât și mișcarea rectilinie, axială de pătrundere (*mișcarea de avans II*), cu suficientă putere pentru îndepărtarea adaosului de prelucrare (fig. 5.1)¹. Practic, mișcarea rezultantă sculă - piesă este o mișcare elicoidală, cu pasul elicei impus de mărimea avansului.

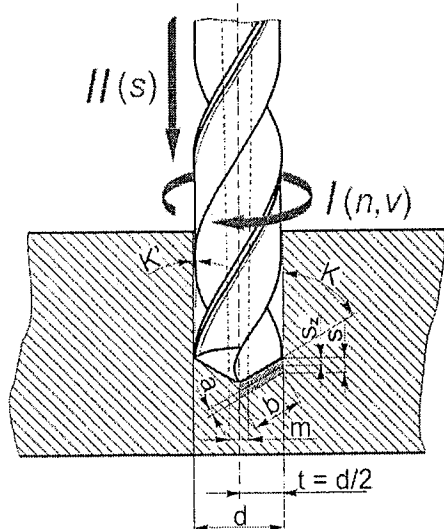


Fig. 5.1. Schema de așchiere la burghierea în plin cu burghiul elicoidal

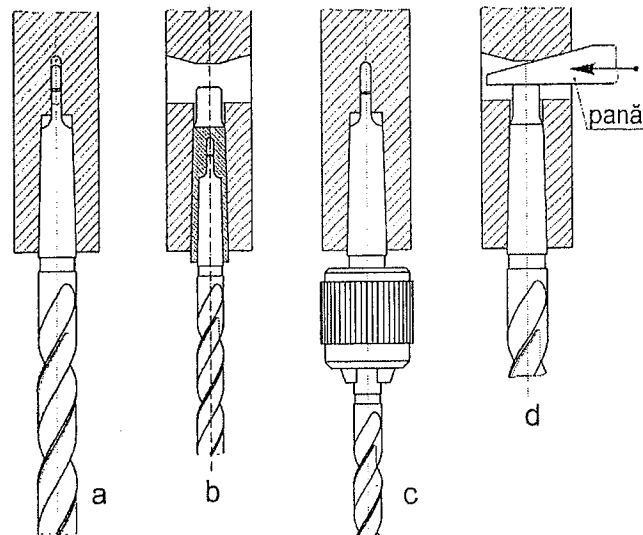


Fig. 5.2. Modalități de fixare a burghiului în pinola mașinii de găurit (a) – pe con; (b) – prin intermediul bușelor de reducere; (c) în mandrină. (d) – extragerea sculei

¹ Definiția corespunde operației executate pe mașina de găurit. La burghierea pe strung, cele două mișcări de lucru sunt repartizate altfel: rotirea este realizată de semifabricat, iar avansul axial este efectuat de burghiu. Există mașini-unelte specializate la care se rotesc simultan și piesa și burghiul.

Burghierea intră în categoria operațiilor de degroșare, precizia de prelucrare corespunzând treptei 9 ÷ 11 ISO, iar calitatea suprafeței $R_a = 3,2 \div 12,5 \mu\text{m}$. Pot fi prelucrate găuri în plin cu diametre până la 40 ... 50 mm, dar în mod obișnuit diametrul maxim de burghiere nu depășește 15 ÷ 20 mm, urmând ca dimensiunile finale ale alezajului să rezulte prin operații ulterioare de lărgire, adâncire, strunjire, broșare etc.

Burghiul elicoidal prezintă în general 2 dinți așchietori, cu geometrie identică. Ca urmare, în afara parametrilor regimului de așchiere: • v – viteza principală de așchiere; • s – avansul de așchiere (avansul pe o rotație a sculei) și • adâncimea de așchiere t (egală cu 1/2 din diametru, la burghierea în plin), mai este definit și *avansul pe dinte*, conform rel.:

$$s_z = s/z, \quad [\text{mm/dinte}] \tag{5.1}$$

Frecvența mișcării principale de rotație se calculează cu relația (5.2), iar viteza de avans cu (5.3):

$$n = \frac{1000 \cdot v[\text{m/min}]}{\pi \cdot d[\text{mm}]}, \quad [\text{rot/min}] \tag{5.2}$$

$$v_s = s \cdot n = s_z \cdot z \cdot n, \quad [\text{mm/min}] \tag{5.3}$$

În funcție de raportul dintre lungimea (adâncimea) alezajului și diametrul acestuia, găurile prelucrate prin așchiere sunt considerate:

- scurte ($l/d \leq 0,5$);
- normale ($l/d = 0,5 \div 3$);
- lungi ($l/d = 3 \div 10$);
- adânci ($l/d > 10$).

În mod frecvent, prelucrarea în plin a găurilor se realizează cu *burghie elicoidale (spirale)*, dar pot fi utilizate și alte tipuri: *burghie late (plate)*, *burghie carotiere*, *burghie pentru găuri adânci*.

◆ **Burghiile elicoidale** (spirale) sunt utilizate în mod uzual la prelucrarea găurilor. Au tăișurile secundare (laterale) și canalele de cuprindere ale așchiilor dispuse pe elice (fig. 5.3).

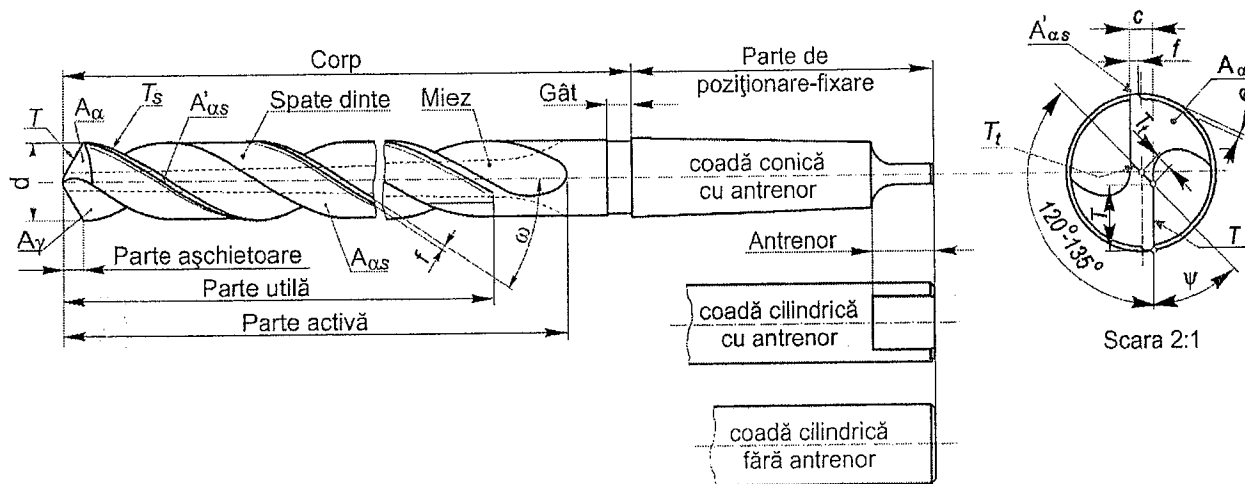


Fig. 5.3. Geometria constructivă a burghiului elicoidal

Geometria părții active a burghiului elicoidal este caracterizată de prezența, pe fiecare dinte, a trei tăișuri: principal, secundar și transversal.

◆ *Tăișurile principale T* ale burghiului formează cu axa sculei unghiuri de atac K în jur de 60° (v. fig. 5.1) și se întind de la nivelul diametrului maxim al sculei până la miezul burghiului (în apropierea axei); miezul ușor conic al sculei asigură rezistența și rigiditatea sculei. Tăișurile principale sunt cele care participă efectiv la tăierea materialului.

◆ Tăișurile principale sunt continuate în zona miezului de *tăișuri transversale T_t* care comprimă (deformează) materialul și-l împinge spre zona acoperită de tăișurile principale.

◆ *Tăișurile secundare T_s*, rezultă ca intersecție între suprafețele elicoidale ale canalelor de cuprindere și evacuare a așchiilor și suprafața de revoluție înfășurătoare a sculei. Ele delimitează câte o *fațetă de așezare secundară A'_{as}* îngustă (de lățime f), elicoidală, ce formează unghiul de așezare $\alpha_r' = 0^\circ$, fațetă cu rol de ghidare a burghiului în alezajul deja format. Unghiurile de atac secundare K' (v. fig. 5.1) sunt diferite de zero (pozitive, dar foarte

mici), ceea ce limitează frecarea dintre fațetele laterale și alezaj la nivelul vârfurilor principale ale dinților burghiului (suprafața înfășurătoare a tăișurilor secundare și a fațetelor laterale este în mod real o suprafață ușor conică, diametrul burghiului micșorându-se cu câteva sutimi de milimetru de la vârf către coadă).

◆ **Burghiile elicoidale cu vârf de centrare** (ghidare) sunt destinate găuririi tablelor subțiri (fig. 5.4). Vârful ascuțit pătrunde în material la simpla apăsare și are rol de ghidare, iar tăișurile principale intră în așchiere cu zonele de diametru maxim, contribuind practic la decuparea materialului.

◆ **Burghiile elicoidale pentru prelucrarea materialelor nemetalice moi** (lemn, plastic) au geometria părții active diferită de sculele pentru metale (fig. 5.5). În marea lor majoritate prezintă un vârf de ghidare-centrare cu filet conic, care asigură centrarea.



Fig. 5.4. Burghie elicoidale pentru table subțiri

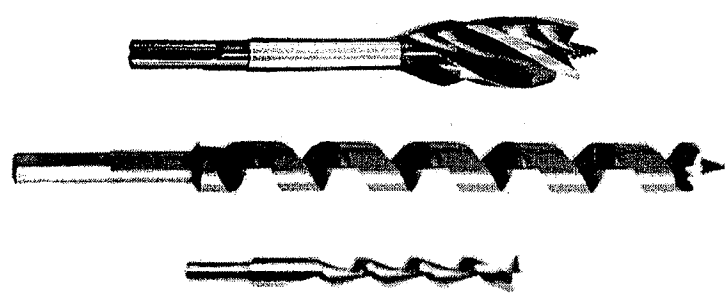


Fig. 5.5. Burghie elicoidale pentru materiale nemetalice

◆ Pentru materiale metalice există **burghie elicoidale cu găuri de răcire** practicate în corp, în lungul dinților așchietori, prin care se introduce lichid de răcire sau aer sub presiune în zona tăișurilor principale. Fluidul introdus are în principal rolul de evacuare a așchiilor și de răcire-ungere a suprafețelor active din vârful sculei, dar conduce și la o creștere a rigidității burghiului (semnificativă în cazul diametrelor mici).

◆ Din categoria burghiilor cu răcire interioară fac parte și **burghiile pentru prelucrarea găurilor adânci**, dar acestea au construcție specială (nu au dinții dispuși pe elice) și nu sunt atașabile mașinilor de găurit convenționale (cu cap/ax vertical).

◆ **Burghiul carotier**, numit și **burghiu** (sau **ferăstrău**) **clopot** este destinat decupării găurilor circulare cu diametru mare și adâncime mică. Este o sculă așchietoare de formă tubulară, cu un capăt închis la care este atașat sistemul de fixare și antrenare (coadă de secțiune hexagonală), iar pe suprafața frontală a părții deschise sunt dispuși dinții așchietori (fig. 5.6). La extremitatea deschisă poate prezenta și un burghiu de ghidare, care precede intrarea în așchiere a dinților de pe coroană.

Decuparea materialului (pentru recuperarea miezului) se face în prezența mișcării principale de rotație I și a mișcării de avans axial II (fig. 5.7).

◆ **Burghiile în trepte** sunt ideale pentru burghierea găurilor în materiale subțiri (din oțel aliat și inoxidabil, cupru, bronz, aluminiu, plastic și materiale laminate), burghiile în trepte acoperă, ca utilitate, un întreg set dimensional de burghie elicoidale (fig. 5.8). Au un singur dinte așchietor, ceea ce asigură o bună precizie diametrală pentru fiecare treaptă. Pentru a prelua eforturi tangențiale mari, prezintă o coadă cilindrică cu 3 aplatizări echidistante sau coadă hexagonală. Burghiile pentru lărgire (fig. 5.8, b) necesită ghidare.

◆ **Burghiile de centruire**

Centruirea constă în realizarea unei găuri de centrare pe un semifabricat, în vederea prelucrării ulterioare sau a controlului acestuia. Gaura de centrare realizată va fi utilă pentru plasarea unui vârf de centrare (ce asigură un sprijin suplimentar al piesei în timpul lucrului), pentru centrarea/ghidarea unui burghiu utilizat în etapele tehnologice ulterioare, ori pentru poziționarea piesei în vederea controlului.

Se are în vedere faptul că, deseori, suprafața frontală a semifabricatului nu este plană sau este accentuat înclinată față de axa găurii ce urmează a fi executată, ceea ce ar conduce la devierea vârfului burghiului – îndeosebi la cele suple.

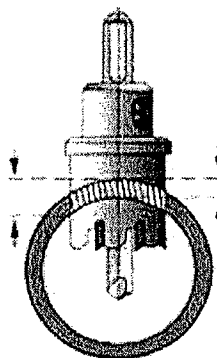


Fig. 5.6. Burghiere inelară pe un tub

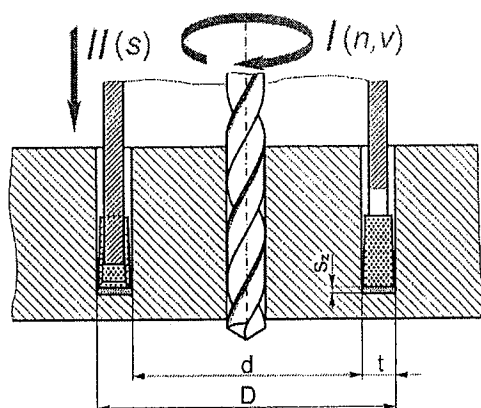


Fig. 5.7. Schema de așchiere la decuparea cu burghiul carotier

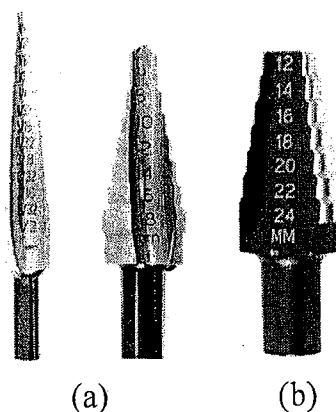


Fig. 5.8. Burghie în trepte

Burghiile de centruire au partea activă foarte scurtă și corpul îngroșat și realizează, în afara unei suprafețe cilindrice puțin adânci, și o suprafață de trecere (conică simplă sau în trepte, sferică sau profilată) între gaură și suprafața frontală a piesei (fig. 5.9)². Schema de prelucrare la centruire (fig. 3.15) pune în evidență aceleași mișcări de generare: mișcarea principală I de rotire a burghiului și, concomitent, mișcarea de avans II , axială.

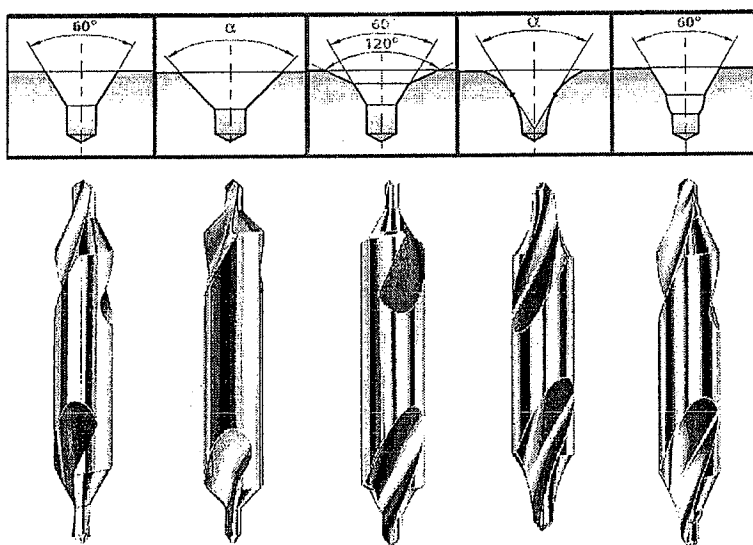
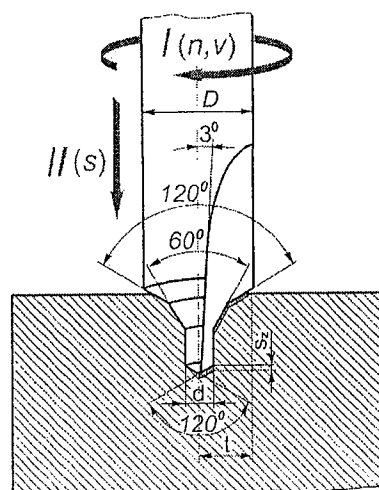


Fig. 5.9. Tipuri de burghie de centruire



Burghiu de centruire tip B

Fig. 5.10. Centruirea

2.2. Lărgirea

Este procedeul de prelucrare prin așchiere prin care este majorată secțiunea transversală a unei găuri, realizată anterior prin burghiere sau prin prelucrare primară (turnare, forjare, matrițare). Operația se execută cu ajutorul burghiului elicoidal sau cu *lărgitorul* (pe strung se poate efectua și cu cuțitul) și presupune efectuarea aceluiași mișcări relative ca și în cazul burghierii (fig. 5.11): mișcarea principală de rotație I și mișcarea de avans axial II . Pe mașina de găurit piesa este imobilă pe masa mașinii, ambele mișcări fiind efectuate de scula așchietoare.

Lărgitoarele sunt scule cu 3 sau 4 dinți elicoidali, de construcție apropiată de cea a burghiului, dar cu geometria părții active ușor diferită: tăișurile principale sunt mai scurte (nu

² Burghiile de centruire sunt de fapt scule combinate: burghiu cu adâncitor

ajung în vecinătatea axei), iar tășurile transversale lipsesc (fig. 5.12). Ca urmare, zona de așchiere este limitată la zona periferică acoperită de tășurile principale, având drept rezultat o lățime a așchii mult diminuată, comparativ cu burghiul.

Ghidarea lărgitorului este mai bună datorită celor 3 sau 4 fațete elicoidale laterale.

Lărgitoarele monobloc sunt realizate din oțel rapid. Cele de diametre mari pot fi cu dinți amovibili și reglabili.

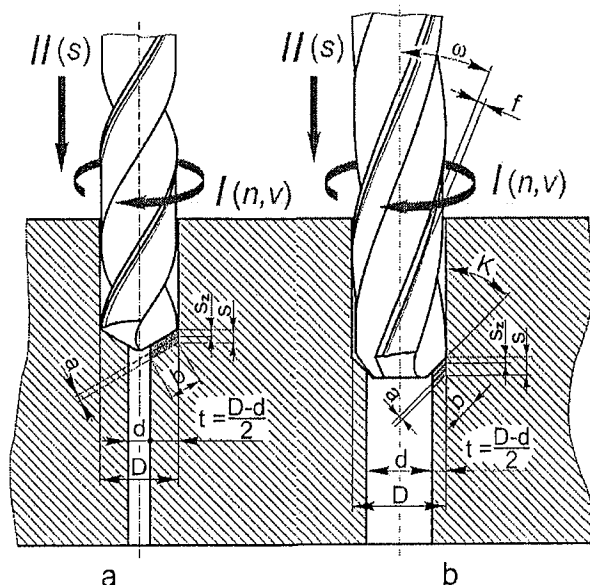


Fig. 5.11. Schema de lărgire a găurilor: (a) - cu burghiul elicoidal; (b) - cu lărgitorul

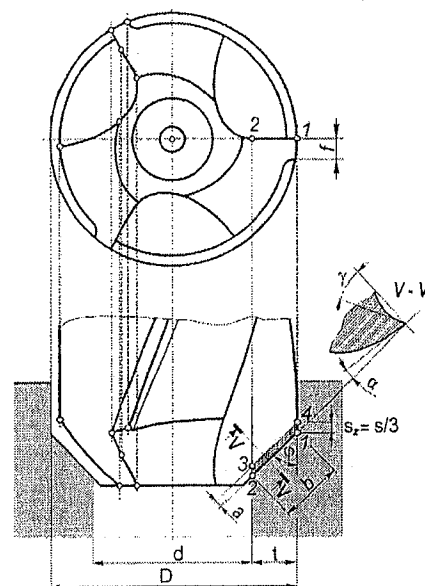


Fig. 5.12. Geometria de vârf a lărgitorului cu 3 dinți

2.3. Adâncirea

Adâncirea este operația de prelucrare intermediară sau finală a alezajelor obținute anterior prin așchiere, turnare, forjare sau deformare plastică, în scopul modificării dimensiunilor, a formei geometrice, ori pentru creșterea preciziei acestora.

În acest scop este utilizat **adâncitorul**, sculă așchietoare cu mai mulți dinți (în mod frecvent 3 sau 4) și cu partea activă de formă corespunzătoare locașului de obținut. Precizia alezajelor prelucrate prin adâncire se încadrează în clasele de precizie 10...11 ISO.

În funcție de forma geometrică a sculei și poziția suprafeței prelucrate în raport cu un alezaj existent, adâncitoarele se clasifică în:

- ♦ adâncitoare pentru majorarea dimensiunilor alezajelor (*lărgitoare*)³ (v.fig. 5.11 și 5.12);
- ♦ adâncitoare pentru realizarea locașurilor cilindrice (fig. 5.13, a);
- ♦ adâncitoare pentru modificarea formei alezajelor, între care se disting:
 - adâncitoare conice (fig. 5.13, b, c);
 - adâncitoare profilate (fig. 5.13, d);
- ♦ adâncitoare pentru prelucrarea suprafețelor frontale ale alezajelor, cunoscute sub denumirea de *lamatoare* (fig. 5.14).

Comparând procesul de prelucrare prin burghiere cu prelucrările prin adâncire, se pot mai ușor pune în evidență particularitățile procesului de lucru, precum și geometria adâncitoarelor, apropiată de geometria burghiilor elicoidale.

♦ Adâncitoarele nu prezintă tășuri pe partea frontală, în zona miezului, deoarece prelucrează un alezaj deja existent. Acest lucru a permis realizarea unui miez cu diametru mai mare și suplimentarea numărului de dinți (minimum 3).

♦ Absența tășului transversal – care la burghierea în plin este responsabil de 70% din forța axială de așchiere – face ca forța de avans să fie mult diminuată.

³ Unii specialiști consideră lărgitorul ca un caz particular de adâncitor, destinat strict modificării dimensiunilor alezajului cilindric.

♦ Așchiera este realizată de către tășurile principale, orientate la unghiuri de atac K cuprinse între 45° și 90° . Cu cât este mai mare unghiul de atac principal, cu atât este mai slabă capacitatea de autocentrare a sculei. Pentru valori mari ale lui K se impune utilizarea cepurilor de ghidare (monobloc sau amovibile, cu același diametru nominal cu al alezajul inițial).

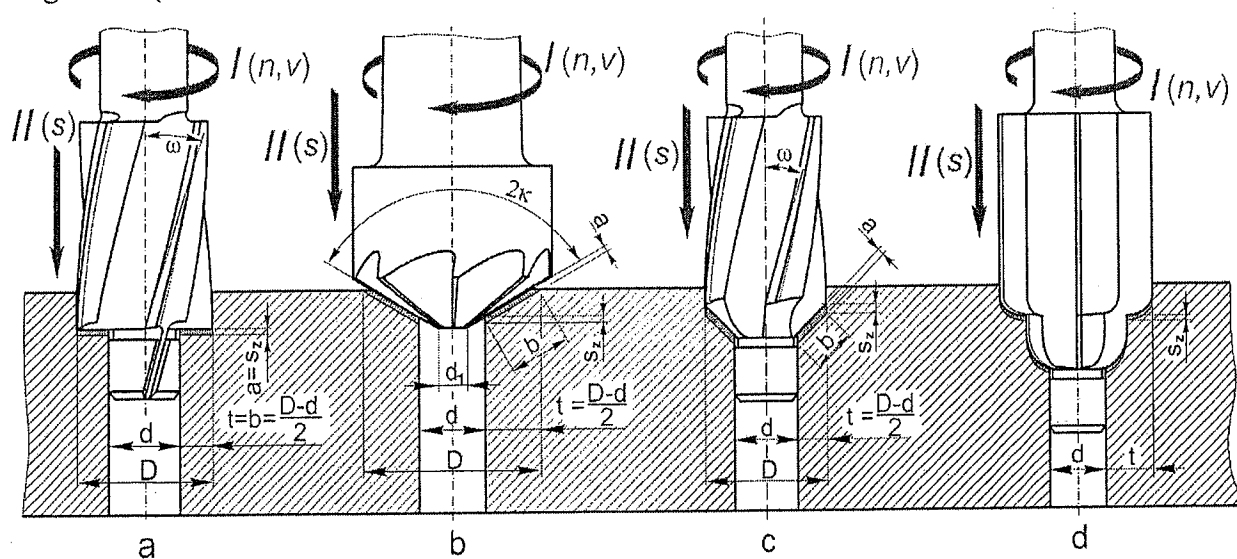


Fig. 5.13. Scheme de prelucrare prin adâncire: (a) – cu adâncitorul cilindric; (b) – cu adâncitorul conic fără cep de ghidare; (c) – cu adâncitorul conic cu cep de ghidare; (d) – cu adâncitorul profilat

Există adâncitoare monobloc, precum și demontabile – cu cep de ghidare și/sau partea activă interschimbabilă. După pătrunderea completă a tășurilor principale în material, rolul de autocentrare a sculei (în lipsa cepului de ghidare) revine fațetelor cilindrice (dispuse drept sau pe elice) ale tășurilor secundare.

♦ La utilizarea adâncitoarelor cu dinți elicoidali și cu valoare mare a unghiului ω al elicei există pericolul – în cazul valorilor mari ale avansului – «înfingerii în material», adică pericolul de antrenare a sculei în sensul de avans. Rezolvarea constă în practicarea elicei în sensul invers sensului de rotire a sculei.

♦ **Adâncitoarele cilindrice** se utilizează la prelucrarea locașurilor cilindrice necesare montării diverselor organe de asamblare (șuruburile cu cap cilindric) (fig. 5.15, a), ori a găurilor în trepte. Valoarea mare a unghiului de atac ($K = 90^\circ$) impune utilizarea cepurilor de ghidare, care pot fi fixe (fac corp comun cu adâncitorul) sau pot fi demontabile.

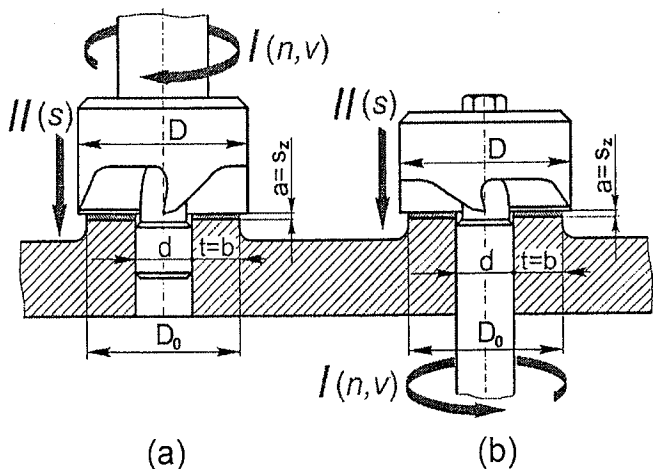


Fig. 5.14. Prelucrarea prin lamare:

(a) – lamarea directă; (b) – lamarea inversă

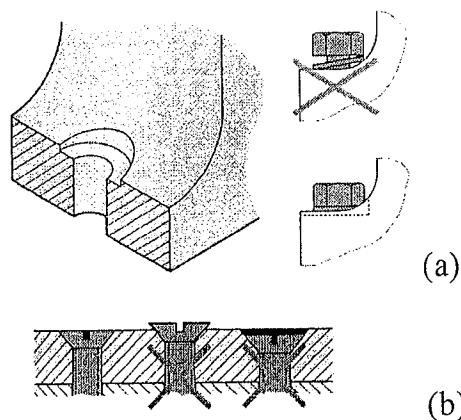


Fig. 5.15. Locașuri cilindrice (a) și conice (b) obținute prin adâncire

♦ **Adâncitoarele conice** (v. fig. 5.13, c) sunt folosite la executarea locașurilor tronconice pentru șuruburile cu cap înecat (v. fig. 5.15, b) și pentru alte organe de asamblare (caz în care unghiul conului de atac este standardizat la $2K = 60, 82, 90, 100, 110$ sau 120°), la prelucrarea

scaunelor de supape și robineteți, precum și la teșirea și debavurarea muchiilor alezajelor, la unghiuri standardizate de 45° , 60° sau 75° .

⌘ Adâncitoarele conice destinate exclusiv teșirii și debavurării nu prezintă cep de ghidare și nici tășuri pe suprafața cilindrică. Acestea se mai numesc și **teșitoare**. Au numai tășuri pe conul de atac (v.fig. 5.13, b).

◆ **Lamarea** sau *planarea* constă în realizarea prin așchiere a unei suprafețe plane și supraînălțate, perpendiculară pe axa unei găuri (v. fig. 5.14).

Este procedeul de prelucrare a bosajelor pe piesele ce urmează a fi asamblate cu șuruburi.

Operația se execută cu adâncitoare ce au unghiul $2K = 180^\circ$, numite și *lamatoare*. Există lamatoare monobloc, precum și demontabile.

2.4. Alezarea

Alezarea este un procedeu de prelucrare finală a suprafețelor interioare de revoluție cilindrice sau conice (rezultate prin burghiere, lărgire-adâncire, strunjire interioară), în scopul creșterii preciziei dimensionale și a calității suprafeței. Precizia obținută corespunde treptelor 6 - 9 ISO, iar calitatea de suprafață $R_a = 0,16 - 0,32 \mu\text{m}$.

Sculele utilizate, numite *alezoare*, se deosebesc de adâncitoare prin numărul mai mare de dinți ($z = 6 \div 18$), prin partea activă de lungime mai mare, prin unghiul de atac K mai mic și prin secțiunea de așchie nedetașată, caracterizată de: lățime mare de așchie; grosime foarte mică (fig. 5.16); adâncime de așchiere $t = 0,05 \div 0,2 \text{ mm}$.

Există diferite criterii de clasificare a alezoarelor:

- ◆ după *forma alezajului* prelucrat (după destinație), sunt alezoare cilindrice și conice;
- ◆ după *modul de fixare*: cu coadă (cilindrică – cu sau fără cap pătrat de acționare – și conică) și cu alezaj (pentru diametre mari);
- ◆ după *modul de antrenare*: alezore de mașină și de mână (au coada cilindrică și antrenor);
- ◆ după *construcție*, sunt monobloc și cu dinți demontabili (reglabili sau nu);
- ◆ după *forma cozii*: cilindrică normală; cilindrică îngroșată, cilindrică cu cap pătrat de antrenare; conică cu antrenor;
- ◆ după *direcția dinților*: cu dinți drepecți și cu dinți elicoidali.

Cinematica procesului de alezare este identic cu cel de găurire - adâncire.

Operația de alezare pe strungul normal poate fi efectuată cu ajutorul unui cuțit (montat într-o bară de alezat) sau cu alezorul – montat în pinola păpușii mobile (fig. 5.17). Mișcarea principală de rotație va fi executată de semifabricat, iar mișcarea axială de avans de către sculă.

3. Mașina de găurit

Mașinile de găurit sunt mașini-unelte destinată în principal prelucrării alezajelor cu profil circular și a suprafețelor frontale, limitrofe acestora, pornind de la material plin sau de la un alezaj preexistent. Mașinile permit fixarea semifabricatului pe masă de lucru și a sculei

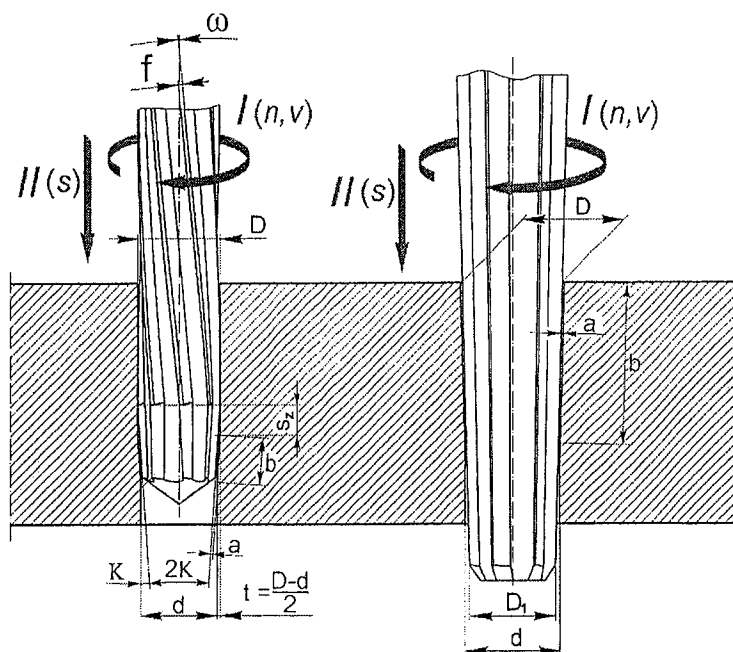


Fig. 5.16. Schema de așchiere cu alezorul cilindric și conic

așchietoare pe arborele principal și realizează simultan mișcarea de rotație și mișcarea axială de pătrundere a sculei în material.

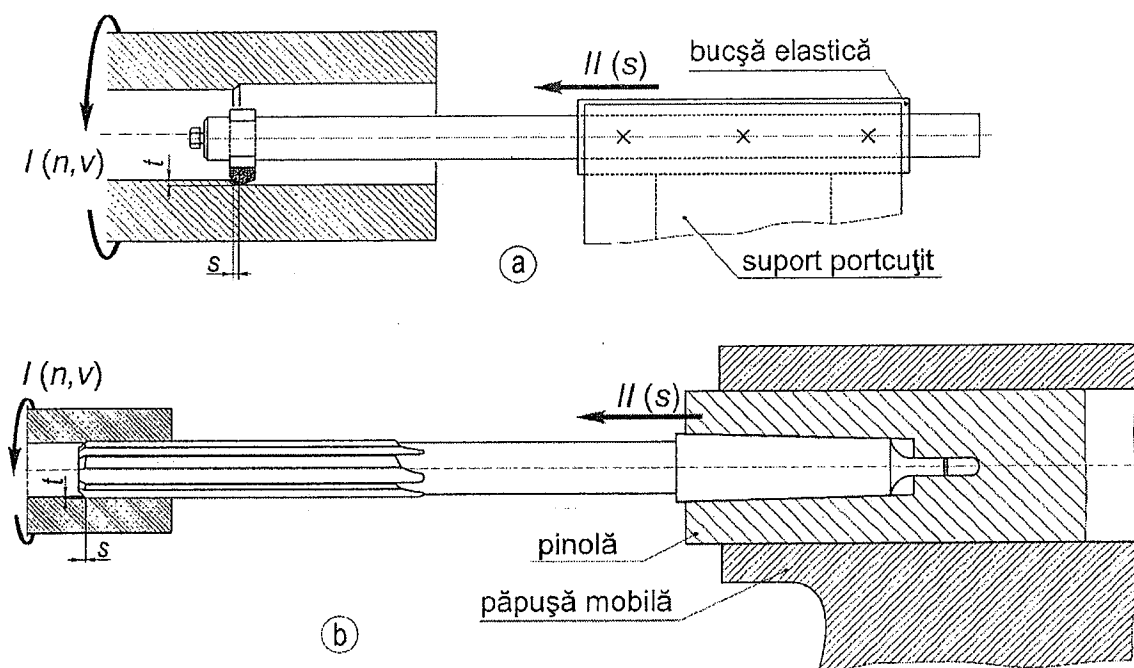


Fig. 5.17. Cinematica alezării pe strung: cu bara de alezat (a) și cu alezorul (b)

Mașinile de găurit tradiționale se clasifică după destinație sau domeniu de utilizare, după forma constructivă și după precizia de poziționare și prelucrare. Se disting, astfel, următoarele tipuri de mașini: ♦ *mașini verticale* (• de banc sau de masă; • cu coloană; • cu montant); ♦ *mașini radiale* (• cu braț liber; • cu braț rezemat); ♦ *mașini cu cap revolver*; ♦ *mașini multiax*; ♦ *mașini specializate* (• pentru centruire; • pentru găuri adânci; • pentru găuri mici); ♦ *mașini de găurit în coordonate*.

Variantele constructive verticale și radiale sunt destinate producției de unicat și serie mică, pe când cele cu cap revolver, multiax și specializate, producției de serie mare și masă.

3.1. Structura mașinilor de găurit cu ax vertical

Destinate prelucrării găurilor în plin sau a celor existente în semifabricat, aceste mașini au axa arborelui principal în poziție verticală. În funcție de dimensiuni, putere, capacitate de reglare și soluție constructivă, se disting mai multe tipuri de mașini verticale:

♦ *Mașina de găurit de masă (de banc)* – este caracterizată prin simplitatea mecanismului de reglare a mișcării principale (de obicei o cutie de viteze cu conuri în trepte) și prin lipsa mecanismului de reglare a avansului, mișcarea de avans efectuându-se numai manual. Are dimensiuni și greutate reduse, montându-se în mod frecvent pe bancul de lucru. Diametrul maxim recomandat al burghiului în cazul prelucrării oțelului sau fontei este de 13 mm.

♦ *Mașina de găurit cu coloană* – este prevăzută cu cutie de viteze și cutie de avansuri și are putere suficientă pentru burghirea în plin cu scule cu diametru de până la 40 mm. Se montează direct pe sol, semifabricatul fixându-se pe masă sau pe placa de bază a mașinii.

♦ *Mașina de găurit cu montant* are rigiditate și putere sporită față de cele anterior prezentate, diametrul maxim de burghiere în plin fiind de 80 mm. Comparativ cu mașina cu coloană, care are în structura sa două lanțuri cinematice mecanice (unul principal și unul de avans), mașina cu montant are un lanț cinematic suplimentar pentru deplasarea mecanică pe verticală a capului de găurit (mișcare de reglare).

De fapt, titulatura mașinii de găurit verticală (cu coloană sau cu montant) este dictată de modul diferit de susținere - ghidare și reglare a celor două subsansabluri principale ale

mașinii (fig. 5.18): păpușa mobilă sau capul de găurit (4) și suportul mesei (2), pe care se fixează semifabricatul. Astfel, la mașinile de putere mai mică, atât păpușa cât și masa sunt poziționate pe coloane (de secțiune circulară), ceea ce conferă posibilitatea reglării celor două elemente în plan orizontal, prin rotire (mișcarea V și VI din fig. 5.18, a). La mașinile de putere mare, atât capul de găurire cât și suportul mesei glisează pe verticală în lungul unor ghidaje în coadă de rândunică practicate pe un montant, care le asigură o rigiditate superioară, cu dezavantajul lipsei mișcării de reglare în plan orizontal (fig. 5.18, c). Există însă și mașini, de putere medie, cu sistem de ghidare combinat, la care capul de găurire este așezat pe montant, iar suportul mesei pe coloană (fig. 5.18 b).

La toate tipurile de mașini de găurit se efectuează aceleași mișcări de lucru: mișcarea principală I de rotație și mișcarea de avans axial II , ambele fiind executate de scula așchietoare. În schimb, mișcările de reglare - poziționare sunt diferite ca număr, fiind impuse de soluția constructivă a mașinii. Astfel, dacă mișcările de reglare pe verticală III - a păpușii și IV - a mesei se regăsesc la toate cele trei tipuri de mașini, poziționarea în plan orizontal (prin rotire) a suportului mesei - mișcarea V , se regăsește numai la mașinile ce au masa montată pe coloană (v. fig. 5.18 a și b), iar mișcarea VI , de poziționare unghiulară a capului de găurit, este prezentă numai la mașina cu coloană (fig. 5.18, a). Mașinile cu suportul mesei pe coloană oferă și posibilitatea prelucrării unor piese înalte, prin așezarea acestora direct pe masa inferioară a plăcii de bază (I), după scoaterea din zona de lucru (prin rotire) a suportului mesei (2). Păpușa mașinii sau capul de găurit (4) înglobează atât cutia de viteze cât și cutia de avansuri.

În structura mașinii, se identifică următoarele lanțuri cinematice:

- ♦ Lanțul cinematic principal, care asigură mișcarea principală de rotație I (v, n) la nivelul sculei așchietoare, este antrenat de motorul electric ME și mai conține întrerupătorul-inversor I_1 și cutia de viteze CV .
- ♦ Lanțul cinematic de avans mecanic asigură mișcarea automată (mecanică) de avans vertical II (v_s) a sculei și este derivat din lanțul mișcării principale prin legătura culisabilă L_1 , de pe axul principal. Mai conține cutia de avansuri CA (ca mecanism de reglare), cuplajul C_1 (în tandem cu C_2) și mecanismul de transformare a mișcării de rotație în deplasare rectilinie z_1/Cr_1 .
- ♦ Lanțul cinematic de avans manual este compus din maneta m_1 , cuplajul C_2 și mecanismul de transformare pinion - cremalieră z_1/Cr_1 .
- ♦ Lanțul cinematic de reglare mecanică a păpușii mașinii (prezentă numai la mașinile cu montant) conține, atât elemente comune cu lanțul cinematic principal și cu cel de avans mecanic (motorul electric ME și cutia de viteze CV), cât și elemente distincte, precum cuplajul C_3 (în tandem cu cuplajul C_4) și mecanismul de transformare pinion - cremalieră z_2/Cr_2 (fig. 5.18, c). La aceste mașini, poziționarea capului de găurit se poate face și manual, printr-un lanț cinematic independent: este acționată maneta m_3 , ce închide cuplajul C_4 și deschide cuplajul C_3 .
- ♦ Mișcarea III de reglare pe verticală în cazul mașinii cu cap de găurire montat pe coloană (fig. 5.18, a) se realizează numai manual, cu ajutorul manivelei m_3 , care antrenează un pinion z_p , aflat în permanentă angrenare cu cremaliera 5. Același reglaj manual se face și la mașina cu coloană și montant (fig. 5.18, b), cu manivela m_3 , care antrenează pinionului z_2 .
- ♦ Reglarea verticală a suportului mesei (mișcarea IV) - în cazul montării pe coloană (fig. 5.18, a și b), se face prin acționarea unui pinion z_m , în angrenare cu cremaliera 7, iar la mașinile cu montant (fig. 5.18, c), acționarea manivelei m_2 va roti șurubul conducător SC al mesei.
- ♦ Mișcarea V de reglare în plan orizontal a suportului mesei (fig. 5.18, a și b) și reglajul unghiular VI al capului de găurit (fig. 5.18, a) se efectuează manual, prin rotire directă, după deblocarea acestora. După efectuarea mișcărilor de poziționare, masa și capul de găurit se blochează pe coloană sau pe ghidajele montantului.

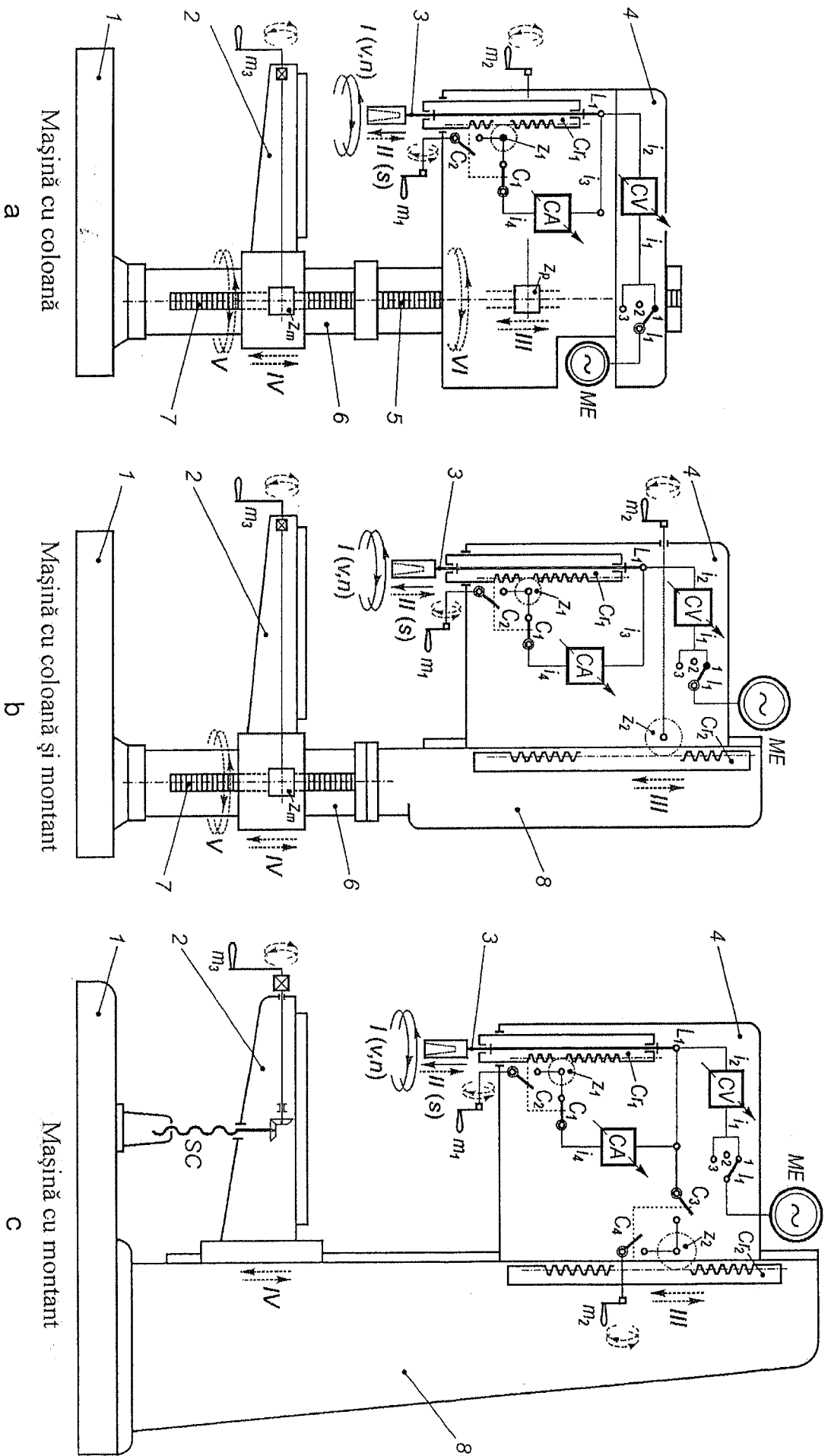


Fig. 5.18. Structura cinematică a mașinii de găurit cu ax vertical:

- 1 — placă de bază; 2 — suport masă; 3 — ax principal; 4 — cap de găurit; 5 — cremalieră reglare păpușă; 6 — coloană; 7 — cremalieră reglare masă; 8 — montant

MUCNPA 6

PRELUCRAREA PRIN FREZARE

1. Scopul și conținutul lucrării

- ◆ Însușirea noțiunilor de bază privind prelucrarea prin frezare.
- ◆ Cunoașterea principalelor tipuri de scule așchietoare utilizate la frezare.

2. Considerații generale

2.1. Particularitățile prelucrării prin frezare

Frezarea este un procedeu de așchiere de largă utilizare, cu performanțe deosebite privind productivitatea așchierii și gama de suprafețe ce pot fi prelucrate. Prin frezare se prelucreează suprafețe plane și profilate (suprafețe riglate), canale, danturi ale roților dințate, filete etc. Frezarea este considerată un procedeu de degroșare și de semifinisare și, mai rar, de finisare. Suprafețele prelucrate rezultă în treptele de precizie 8 ÷ 11 ISO și rugozități $R_a = 1,6 \div 6,3 \mu\text{m}$.

Procedeu de frezare se distinge prin următoarele caracteristici:

- ◆ Utilizarea unor scule speciale, denumite *freze*, care constau dintr-un corp de revoluție prevăzut cu z dinți identici, echidistanți, care, prin mișcarea de rotație imprimată, intră în mod succesiv în așchiere (fig. 6.1). Numărul de dinți ai sculelor pentru frezare variază în funcție de tipul și diametrul acestora.
- ◆ Mașina-unealtă, denumită *mașină de frezat*, asigură mișcarea principală I (de rotație) la nivelul sculei așchietoare, precum și mișcările de avans (la nivelul piesei și/sau al sculei) – mișcări rectilinii și continue.
- ◆ Mișcarea de avans are loc simultan cu mișcarea principală de așchiere și este realizată, de obicei, prin deplasarea continuă a mesei mașinii – pe direcție longitudinală, transversală sau verticală.

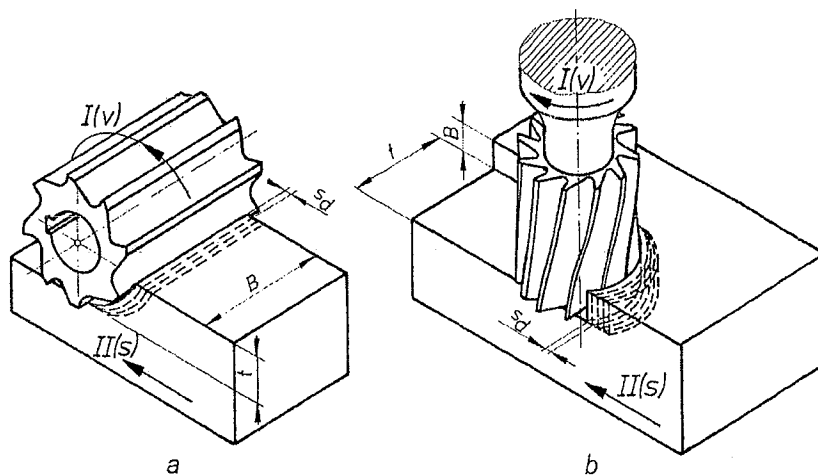


Fig. 6.1. Frezarea cu freza cilindrică (a) și cu freza cilindro-frontală (b)

Modul în care sunt repartizate (în structura mașinii-unelte) mișcările săniilor pentru efectuarea avansului rectiliniu pe una dintre cele trei direcții (longitudinal, transversal și vertical) și, uneori, a avansului circular, impune tipul de mașină de frezat.

- ◆ În funcție de cele două tipuri principale de prelucrare – frezarea cilindrică și frezarea frontală – dimensiunile stratului de material îndepărtat sunt denumite în mod diferit. Astfel, mărimea contactului sculă – semifabricat, definită într-un plan normal pe direcția de avans este caracterizată prin doi parametri:

- *adâncimea de așchiere* (t) sau *adâncimea radială de așchiere* – măsurată perpendicular pe axa frezei;

• *lățimea de frezare B* sau *adâncimea axială de așchiere* – măsurată paralel cu axa frezei. Rezultă că aceleași dimensiuni ale stratului de așchiat au funcții diferite, în raport cu poziția axei de rotație a sculei așchietoare.

♦ Condițiile de desfășurare a procesului de lucru depind mult de poziția relativă sculă – semifabricat și de sensul mișcărilor (fig. 6.2). Astfel, frezarea poate fi efectuată *în sensul avansului* – dacă sensul de rotire a frezei este identic cu sensul de avans al semifabricatului – sau *în sens contrar avansului* (numit frecvent «în *contra-avans*») – dacă cele două sensuri sunt contrare. Fiecare din aceste metode are avantaje și dezavantaje:

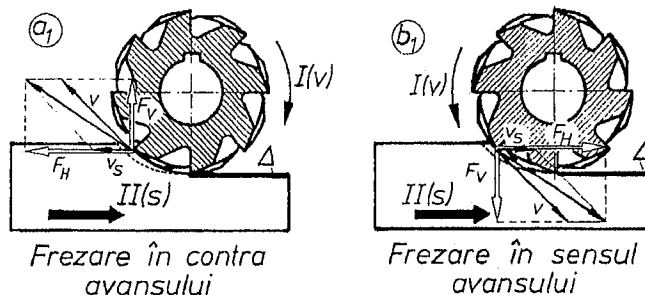


Fig. 6.2. Frezarea în sens contrar avansului (a) și în sensul avansului (b)

• La frezarea în sens contrar avansului (fig. 6.2, a), componenta forței de așchiere orientată pe direcția șurubului de avans al mesei mașinii (F_H) menține în permanență contactul dintre flancul piuliței și al șurubului (din mecanismul de avans), asigurând – prin preluarea jocului din mecanism – un avans uniform, în pofida eforturilor ce variază la ieșirea/intrarea fiecărui dinte din/în așchiere. Acest lucru permite alegerea unui regim de așchiere mai intens. În schimb, la finisare, calitatea de suprafață este mai bună la frezarea în sensul avansului.

• Componenta forței de așchiere orientată perpendicular pe direcția de avans (F_V) acționează spre piesă la frezarea în sensul avansului, presând semifabricatul în dispozitivul de fixare, în timp ce la frezarea în contra avansului, componenta tinde să scoată piesa din dispozitiv (particularitate importantă la frezarea cilindrică).

♦ Așchiile rezultate la frezare au secțiuni variabilă deoarece grosimea lor variază de la zero la o valoare maximă, ori invers. Astfel, la frezarea în sens contrar avansului, dintele așchietor intră treptat în material (de la grosime mică), cu avantaje asupra modului de creștere a forței, dar cu dezavantajul respingerii inițiale a sculei de către material, până ce grosimea stratului așchiat depășește, ca valoare, raza de bontire ρ a dintelui așchietor. Așchia se formează mai ușor la frezarea în sensul avansului, dar intrarea în material la grosimea maximă se produce cu șocuri mari; dinții sculei se uzează mai rapid, în special la prelucrarea semifabricatelor turnate sau laminate, ce prezintă crustă dură.

Alegerea metodei de frezare trebuie să țină cont de ponderea avantajelor și dezavantajelor pentru fiecare caz în parte:

- frezarea în contra avansului se aplică în mod frecvent la degroșare;
- frezarea în sensul avansului se recomandă la finisare și la prelucrarea pieselor suple, cu risc de desprindere de pe masa mașinii sau din dispozitivul de fixare.
- ♦ Arcul de contact dintre partea activă a frezei și adaosul de prelucrare este caracterizat de un *unghi de contact* ψ , cu o valoare maximă este de 180° . Aceasta face ca așchiera să fie întreruptă, cu efecte pozitive asupra răcirii dinților și a evacuării comodă a așchiilor din zona de lucru. Întrucât unghiul de contact ψ este în mod frecvent mai mare decât pasul unghiular ϕ al frezei, în orice moment se află în așchiere simultană mai mulți dinți, cu efecte pozitive asupra productivității operației, precum și a uniformității prelucrării, din punct de vedere al modului de variație a forței.

2.2. Scule așchietoare utilizate la frezare

La orice freză se pot identifica 3 părți componente:

- *partea activă* – formată din mai mulți dinți dispuși echidistant pe un corp de revoluție;
- *partea de poziționare-fixare* – care poate fi sub formă de coadă cilindrică sau conică, ori sub formă de alezaj;

- *corpul frezei* – ca element de legătură (distinct sau nu) între primele două.
Există mai multe criterii de clasificare a frezelor (fig. 6.3):

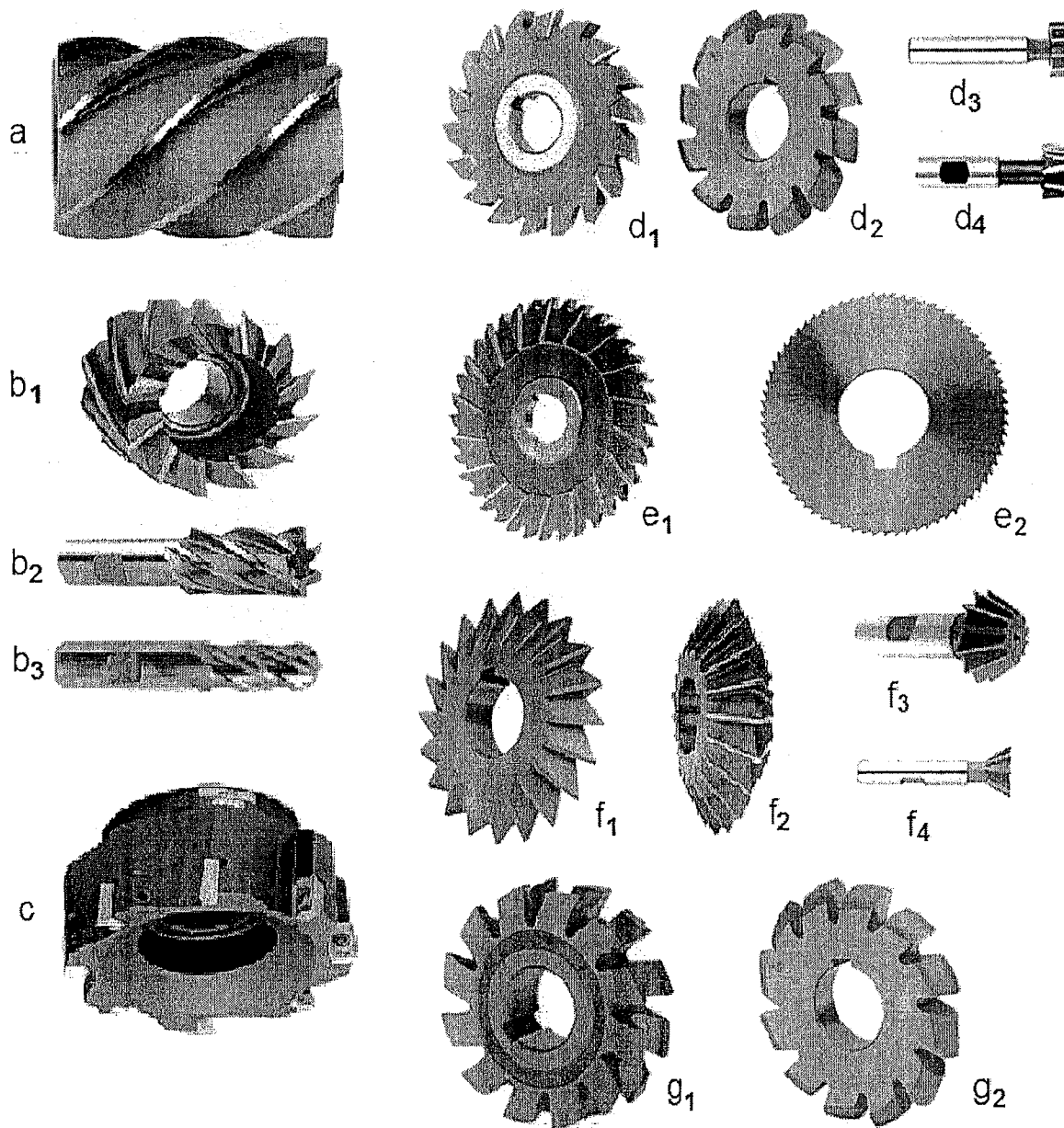


Fig. 6.3. Forme constructive de freze: (a) – cilindrică; (b) – cilindro-frontală; (c) – frontală; (d) – disc; (e) – ferăstrău (de debitare); (f) – unghiulară; (g) – profilată

◆ După forma corpului de revoluție, raportul dintre dimensiunile de gabarit ale acestuia sau după suprafețele pe care sunt plasate tăișurile sculei, se disting:

- ◆ frezele *cilindrice* (fig. 6.3, a) – au forma cilindrică, cu tăișurile dinților dispuse numai pe partea cilindrică a corpului (cu dinți drepecți – paraleli cu axa sculei, ori cu dinți înclinați/elicoidali), iar lungimea este în general mai mare decât diametrul. Sunt utilizate la prelucrarea suprafețelor plane, pe mașini de frezat orizontale.
- ◆ frezele *cilindro-frontale* (fig. 6.3, b) – în pofida formei cilindrice a părții active, denumirea este dată de modul de amplasare a tăișurilor – atât pe partea cilindrică (în general tăișuri elicoidale) cât și pe partea frontală. Sculele de diametru mic au partea de poziționare-fixare sub formă de coadă cilindrică sau conică (fig. 6.3, b₂, b₃), în timp ce cele de diametru mai mare prezintă alezaj cilindric (fig. 6.3, b₁) și locașuri pe partea frontală opusă tăișurilor, pentru antrenarea cu ajutorul penelor frontale. Frezele cilindro-frontale cu coadă și diametru mic, cu $2 \div 4$ dinți mai sunt numite și *freze deget*.

Frezele cilindro-frontale sunt folosite la prelucrarea suprafețelor plane, de colț și a

canalelor, pe mașini de frezat verticale (cu cap de frezare vertical).

♦ frezele *frontale* (fig. 6.3, c) sunt destinate prelucrării suprafețelor plane și prezintă predominant tășuri pe partea frontală. Pe suprafața de revoluție, tășurile sunt limitate în vecinătatea suprafeței frontale (tășurile laterale sunt în mod frecvent înclinate, materializând o suprafață conică).

♦ frezele *disc* (fig. 6.3, d) au lățimea pronunțat mai mică decât diametrul și sunt destinate prelucrării canalelor și a suprafețelor de colț, pe mașini de frezat orizontale. Există construcții cu 2 tășuri (pe partea cilindrică și pe una din suprafețele frontale) și cu 3 tășuri (pe suprafața de vârf și pe cele 2 frontale) (fig. 6.3, d₁, d₃, d₄);

♦ frezele *ferăstrău* (fig. 6.3, e) – sunt la limita frezelor disc, dar sunt mult mai înguste și prezintă dinți mărunți, fiind utilizate la prelucrarea canalelor înguste și la debitare/retezare. Dacă la frezele disc suprafețele de așezare laterală a dinților sunt independente (separate la dinții învecinați) (fig. 6.3 d₁), la majoritatea frezelor ferăstrău suprafața de așezare laterală este comună, rezultată printr-o ascuțire simultană, sub forma unei suprafețe ușor hiperbolice (fig. 6.3, e₂).

♦ frezele *unghiulare* (fig. 6.3, f) se folosesc la generarea unor suprafețe plane adiacente, cu un anumit unghi între ele sau pentru frezarea suprafețelor înclinate. Sunt conice (fig. 6.3, f₁, f₃, f₄) și biconice (fig. 6.3, f₂).

♦ frezele *profilate* (fig. 6.3, g) prezintă un anumit profil în planul lor axial, necesar prelucrării unor suprafețe complexe. Pot avea un profil concav (fig. 6.3, g₁) sau convex (fig. 6.3, g₂). Pot fi cu alezaj sau cu coadă. În categoria frezelor profilate intră și frezele modul – disc sau deget, pentru frezarea danturilor prin metoda copierii (prelucrare dinte cu dinte, prin metoda divizării).

◆ După direcția/orientarea tășurilor se cunosc:

♦ *freze cu dinți dreپți* (cu dantură dreaptă) (fig. 6.3, d₃, e, f, g);

♦ *freze cu dinți înclinați sau elicoidali* (cu tășuri elicoidale pe suprafața cilindrică) (fig. 6.3, a, b) – prezintă avantajul intrării și ieșirii treptate din așchiere a dinților;

♦ *freze cu dinți (dantură) în zig-zag* (fig. 6.3, d₁, d₄) – soluție constructivă întâlnită în special la frezele disc, prin înclinarea alternativă stânga - dreapta a tășurilor de vârf, pentru optimizarea geometriei sculei și echilibrarea forțelor axiale.

◆ După modul de poziționare-fixare și de antrenare sunt:

♦ *freze cu coadă – cilindrică* (fig. 6.3, b₂, b₃, d₃, d₄, f₃, f₄) sau *conică*.

Coadă cilindrică poate fi (conform STAS 577) *netedă* (fig. 6.3, d₃), *cu aplatizare* (fig. 6.3, b₂, b₃, d₄, f₃, f₄) sau *filetată* (la capătul liber, opus părții active).

♦ *freze cu alezaj*, care sunt antrenate prin intermediul penelor longitudinale (fig. 6.3, a, d_{1,2}, e, f_{1,2}, g) sau a penelor frontale (fig. 6.3, b₁, c).

◆ După construcție, se disting:

♦ *frezele monobloc* (fig. 6.3 a, b, d ÷ g), executate dintr-o bucată – dintr-un singur material;

♦ *frezele cu dinți aplicați* (fig. 6.3, c).

◆ După forma dinților (forma suprafeței de așezare a dinților) se deosebesc:

♦ *freze cu dinți frezați* (fig. 6.3, a, b, d₁, d₃, d₄, e, f).

♦ *freze cu dinți detalonați* (fig. 6.3, d₂, g) – sunt freze profilate, la care suprafața de așezare a dinților este obținută în urma operației de *detalonare*.

La frezele cu dinți frezați, suprafața de așezare (spatele dintelui) este executată prin frezare plană sau dublu plană, iar ascuțirea și reascuțirea se face pe suprafața de așezare. La frezele cu dinți detalonați (cazul sculelor profilate), pentru păstrarea profilului inițial, dinții se ascut și se reascut numai pe suprafața de degajare, iar suprafața de așezare are profil arhimedic (într-un plan normal la axa frezei); spirala arhimedică asigură menținerea neschimbată a profilului sculei (definit în planul axial al frezei), chiar după operații repetate de reascuțire, ce conduc inevitabil la diminuarea diametrului sculei.

- ◆ După pasul danturii frezelor (conform STAS 577), sunt:
 - ◆ *freze cu pas egal* (dantură cu divizare egală) – cu dinții echidistanți;
 - ◆ *freze cu pas inegal* (dantură cu divizare inegală).
- ◆ După forma suprafeței prelucrate, sunt:
 - ◆ freze pentru suprafețe plane (v. fig. 6.3, a, b₁, c);
 - ◆ freze pentru suprafețe de colț (fig. 6.3, b₁, b₂, d₁);
 - ◆ freze pentru suprafețe profilate (fig. 6.3, b₃, d₂, g);
 - ◆ freze pentru canale (fig. 6.3, b₂, d₁, d_{3,4}, f_{3,4});
 - ◆ freze pentru retezare (freze ferăstrău) (fig. 6.3, e);
 - ◆ freze pentru danturare; ◆ freze pentru filetare.

Refacerea calităților așchietoare la sculele uzate se face:

- prin *reascutire* – în cazul frezelor monobloc (executate din oțel rapid sau din carburi dure fără supraacoperite), ori a frezelor cu plăcuțe brazate direct în corp sau pe dinți demontabili;
- prin schimbarea plăcuțelor așchietoare – la frezele cu plăcuțe dure fixate mecanic (direct în corp sau pe dinți amovibili).

2.3. Frezarea suprafețelor plane și de colț

- ◆ **Frezarea suprafețelor plane** (fig. 6.4) se realizează în general cu:
 - ◆ freza cilindrică (fig. 6.4, a). Operația este efectuată pe mașini de frezat orizontale, iar lățimea semifabricatului nu trebuie să depășească lungimea frezei (cauza: lipsa tășurilor laterale).
 - ◆ freza frontală (fig. 6.4, b);
 - ◆ freza cilindro-frontală (fig. 6.4, c).

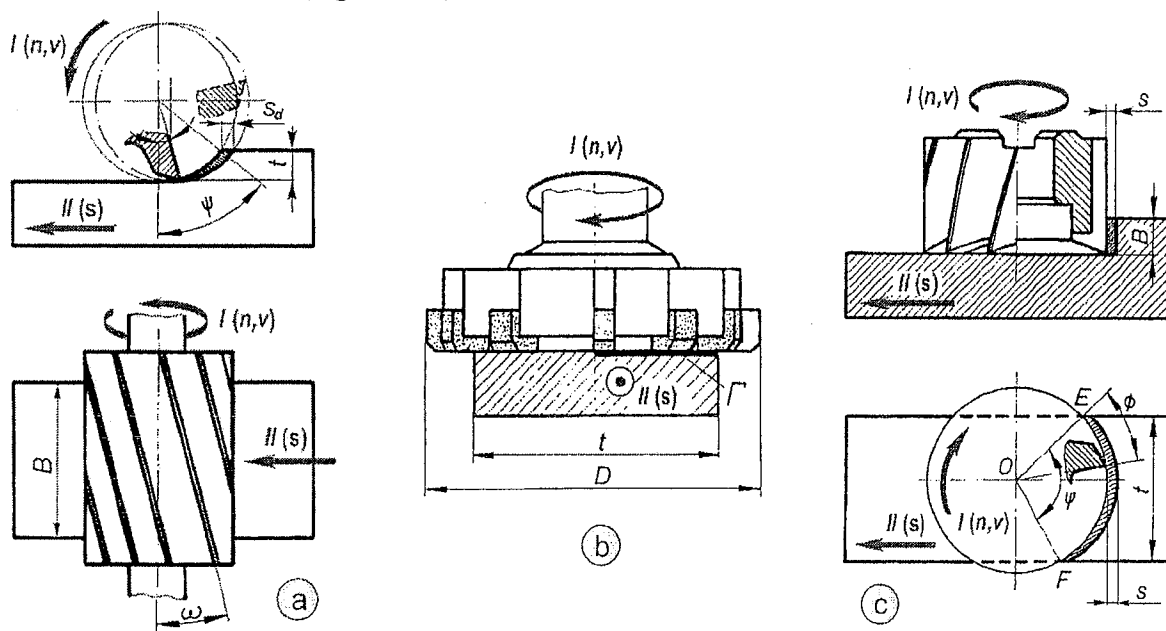


Fig. 6.4. Frezarea suprafețelor plane: (a) – cu freza cilindrică; (b) – cu freza frontală; (c) – cu freza cilindro-frontală

- ◆ **Frezarea suprafețelor plane înclinate** (fig. 6.5) se efectuează:
 - ◆ prin înclinarea semifabricatului și aducerea în plan orizontal a suprafeței de generat (utilizând o menghină înclinabilă sau prin înclinarea mesei mașinii-unelte) (fig. 6.5, a). În acest caz se utilizează scule obișnuite (freze cilindrice, frontale sau cilindro-frontale);
 - ◆ prin înclinarea axului port-sculă, pe mașini de frezat verticale, folosind frezele cilindro-frontale (fig. 6.5, b);
 - ◆ cu ajutorul frezelor unghiulare, cu unchiul egal cu înclinarea suprafeței de generat (fără a se înclina semifabricatul sau capul de frezat) (fig. 6.5, c). Metoda se aplică în cazul suprafețelor înguste.

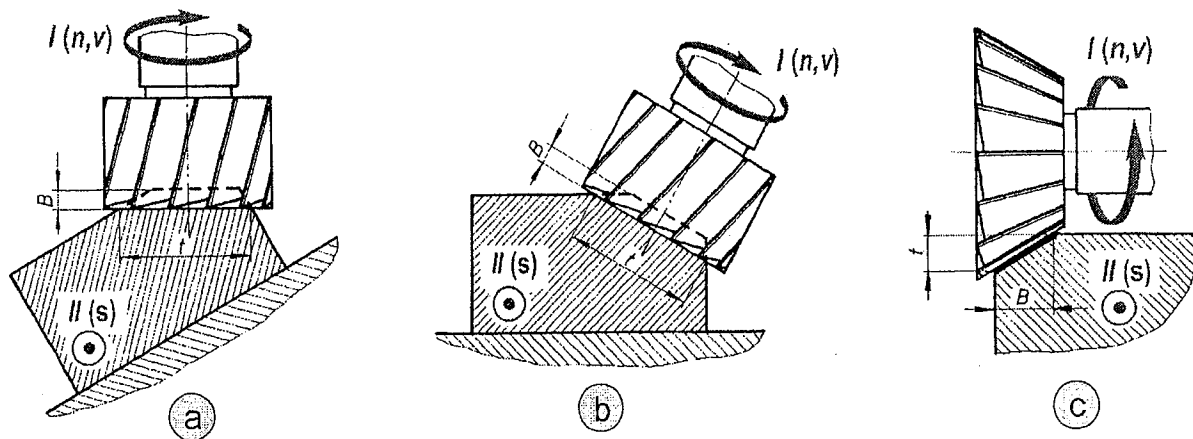


Fig. 6.5. Frezarea suprafețelor plane înclinate: (a) – prin înclinarea piesei; (b) – prin înclinarea axului port-sculă; (c) – cu freza unghiulară.

◆ **Suprafețele plane verticale (laterale)** pot fi prelucrate cu (fig. 6.6):

- ◆ freze frontale (sau capete de frezat) (fig. 6.6, a), ori cu partea frontală a frezelor cilindro-frontale – pe mașini de frezat cu ax orizontal;
- ◆ partea cilindrică a frezelor cilindro-frontale (fig. 6.6, b) – pe mașini-unelte cu ax vertical;
- ◆ cu partea laterală a frezelor disc cu 2 sau 3 tășuri (fig. 6.6, c).

Utilizarea ultimelor două metode este limitată de înălțimea suprafeței prelucrat (lungimea liniei de contact tăiș - semifabricat).

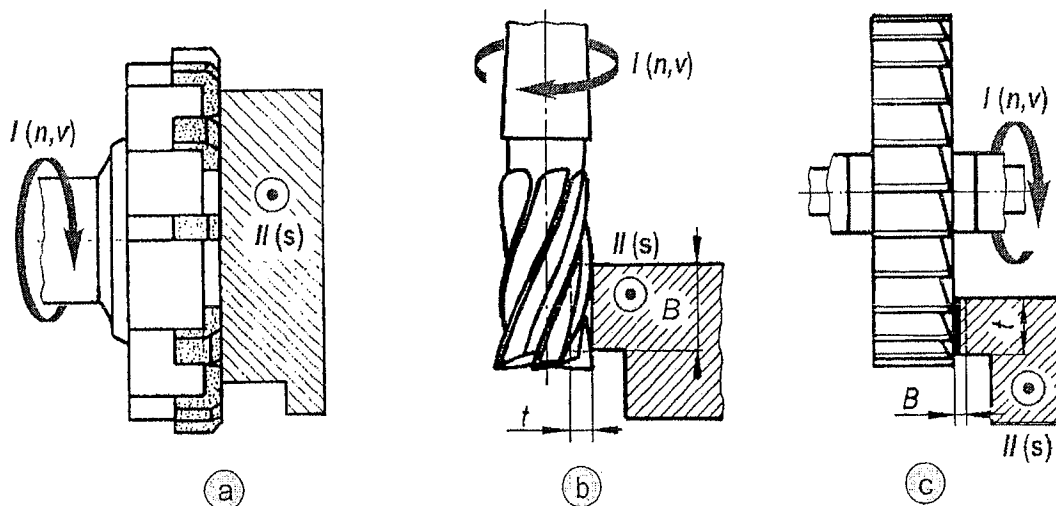


Fig. 6.6. Frezarea suprafețelor plane verticale: (a) – cu cap de frezat; (b) – cu partea cilindrică a frezei cilindro-frontală; (c) – cu suprafața laterală a frezei disc

◆ **Frezarea de colț** presupune frezarea simultană a două suprafețe plane, adiacente (fig. 6.7) și poate fi realizată cu ajutorul frezelor cilindro-frontale (fig. 6.7, a), a frezelor disc (cu 2 sau 3 tășuri) (fig. 6.7, b), a frezelor cilindro-conice (fig. 6.7, c) sau a frezelor unghiulare.

2.4. Frezarea canalelor

La frezarea canalelor schema de lucru este una combinată, după modelul frezării cilindro-frontală, cu deosebirea că sunt generate simultan trei suprafețe: două laterale și una de fund. Schema își regăsește aplicabilitatea la frezarea canalelor deschise, a canalelor pentru pene longitudinale, la degroșarea («deschiderea») canalelor în coadă de rândunică, ori a canalelor în T . Crestarea și rețezarea cu freza ferăstrău are la bază aceeași schemă.

În schemele de prelucrare apar totuși unele particularități, legate de profilul transversal al canalului și de modul de intrare/ieșire a sculei în/din așchiere.

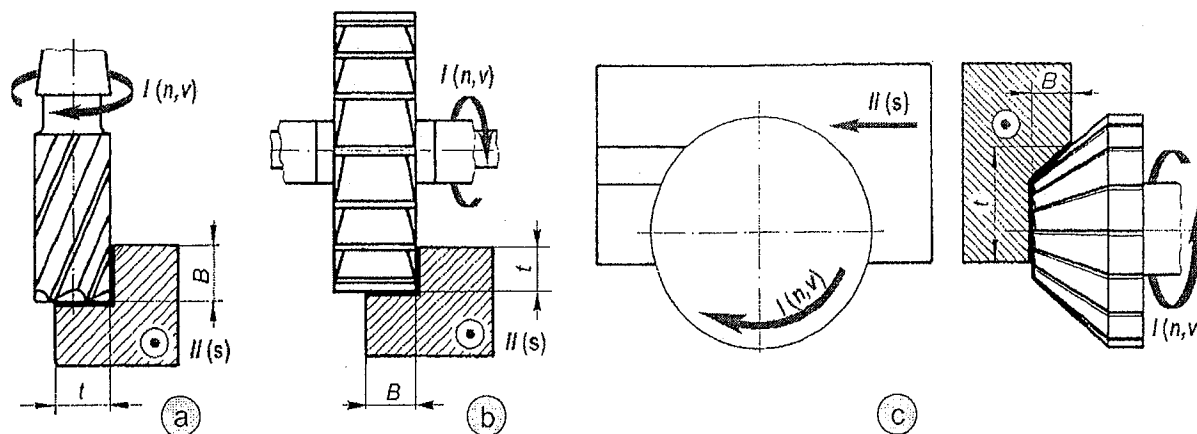


Fig. 6.7. Frezarea de colț:

(a) – cu freza cilindro-frontală; (b) – cu freza disc; (c) – cu freza cilindro-conică

◆ **Frezarea canalelor rectilinii deschise** cu profil dreptunghiular (fig. 6.8) se face cu ajutorul *frezelor disc cu trei tăișuri* (fig. 6.8, a) sau a *frezelor cilindro-frontale* (fig. 6.8, b). Adaosul de prelucrare poate fi îndepărtat într-una sau mai multe treceri. Dacă dimensiunile frezei nu corespund lățimii canalului, este necesară re poziționarea sculei, printr-o mișcare suplimentară de reglare *III* (fig. 6.8, c).

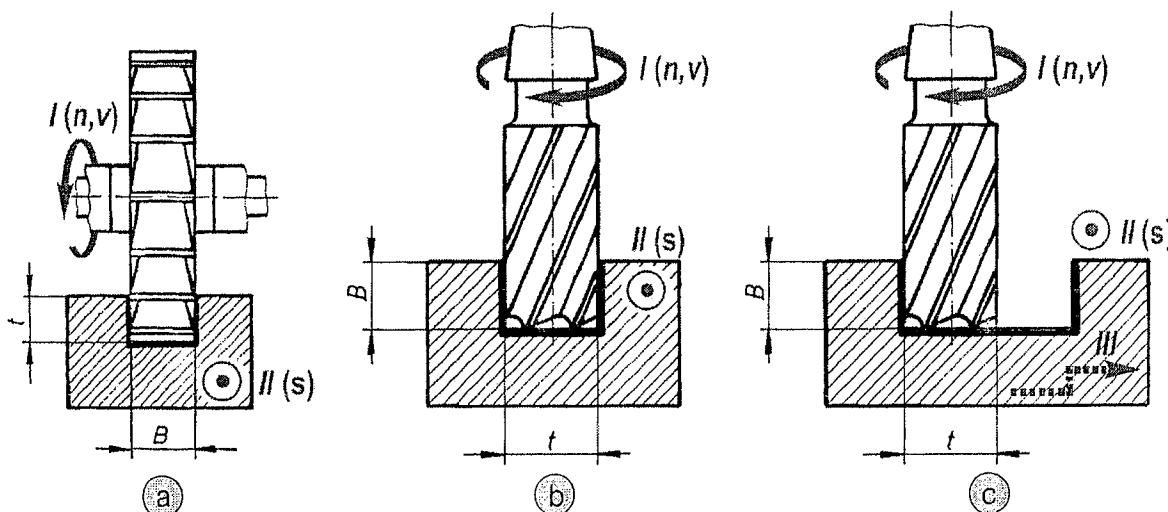


Fig. 6.8. Frezarea canalelor rectilinii deschise: (a) – cu freză disc; (b), (c) – cu freza cilindro-frontală

◆ Aceeași cinematică se întâlnește și la frezarea canalelor unghiulare (fig. 6.9). Metoda se aplică îndeosebi la prelucrarea canalelor de cuprindere și evacuare a așchiilor ale viitoarelor scule de rotație (freze, tarozi) și utilizează în special frezele unghiulare. Prelucrarea se realizează gol-cu-gol, drept pentru care este necesară o mișcare suplimentară *III*, de divizare (împărțire circulară intermitentă), executată după îndepărtarea sculei de piesă.

◆ Pentru canalele înguste se utilizează freze ferăstrău, care prezintă tăișuri numai pe partea cilindrică (fig. 6.10).

◆ **Canalele de formă complexă** se execută cu freze cu profil special, care asigură, prin forma lor, forma profilului de generat. Datorită profilului complex aceste scule lucrează în condiții mai dificile (așchiere complexă și spațiu limitat pentru acumularea așchiilor), cea mai mare parte din adaosul de prelucrare va fi îndepărtat prin rabotare sau prin frezare (în mai multe treceri) cu freze disc sau cilindro-frontale (operație de degroșare numită «deschidere» a canalului), după care frezele speciale vor profila canalul (fig. 6.11).

◆ Spre exemplu, *canalul în T* se profilează cu freza pentru canale T, cu 3 tăișuri (cu dantură dreaptă sau în zigzag) (fig. 6.11, b), după ce canalul a fost «deschis» cu o freză cilindro-frontală (fig. 6.11, a). În mod asemănător, *canalul în coadă de rândunică* se profilează cu o freză

unghiulară conică (fig. 6.11, c), după degroșarea acestuia.

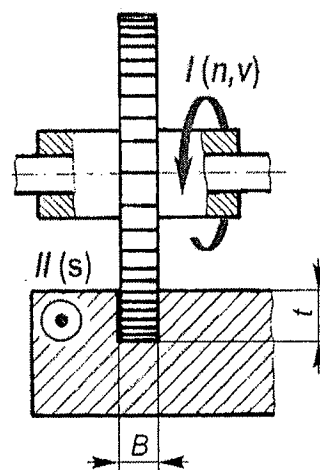
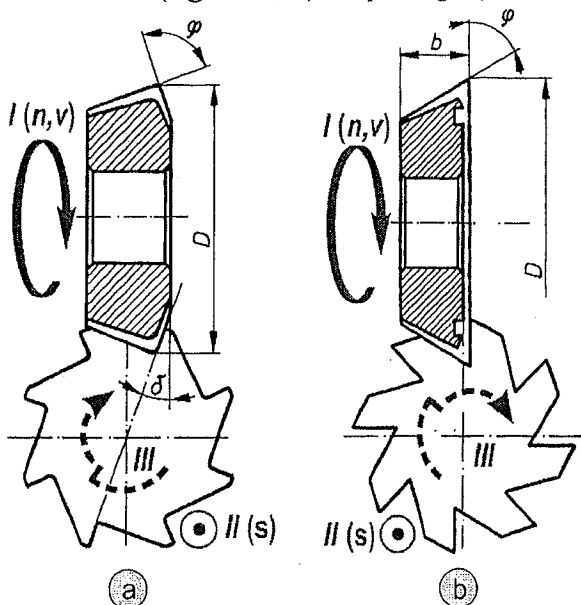


Fig. 6.9. Frezarea canalelor la sculele așchietoare, cu freză unghiulară conică (a) și biconică (b).

Fig. 6.10. Crestarea sau retezarea cu freza ferăstrău

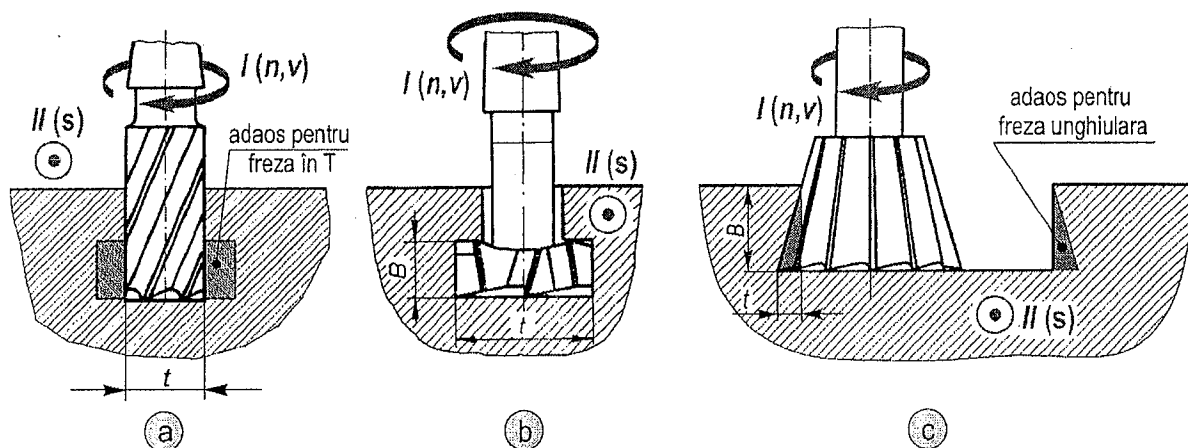


Fig. 6.11. Degroșarea unui canal în T cu freza cilindro-frontală (a) și profilarea cu freza pentru canal T (b); (c) – profilarea unui canal în coadă de rândunică

◆ **Canalele semideschise pentru pene longitudinale** (penele plan-paralele), practicate de obicei pe tronșoanele de capăt ale arborilor, se pot obține cu *freze disc* cu 3 tășuri și de diametru mic (fig. 6.12) sau cu freze cilindro-frontale pentru canelat, cunoscute și sub denumirea de *freze deget* (fig. 6.13).

În ambele cazuri adâncimea totală a canalului va fi realizată în mai multe treceri. La utilizarea frezelor deget, deplasările longitudinale $II(s_l)$ vor alterna cu mișcări axiale de avansare a sculei $II(s_a)$ (la capăt de cursă) (fig. 6.13, a și b). Frezele deget care posedă cel puțin un tăș secundar (pe suprafața frontală) prelungit până la centru (fig. 6.13, d) poate efectua avansarea axială în plin (în vederea stabilirii lățimii de frezare B la fiecare trecere). Însă, pentru marea majoritate a frezelor deget – ce posedă o gaură de centrare (tehnologică) pe suprafața frontală activă, astfel că tășurile secundare nu ajung până la axa sculei – este necesară efectuarea unei pregătiri în zona de capăt a canalului, pentru ca freza să lucreze ca un lărgitor, la efectuarea avansului axial.

Un procedeu aplicat pe mașinile-unelte cu comandă numerică, în scopul reducerii

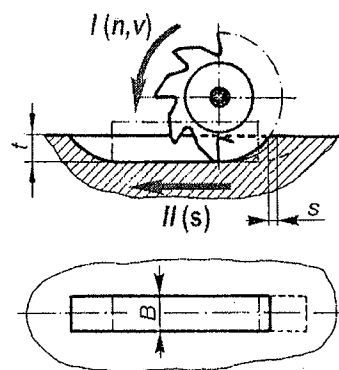


Fig. 6.12. Frezarea unui canal pentru pană longitudinală cu freza disc

numărului mișcărilor de avans și pentru creșterea productivității este *frezarea în rampă* (fig. 6.13, e). Prin această metodă, mișcarea axială de avans și cea longitudinală sunt înlocuite de o mișcare combinată de avans, în care traiectoria frezei este în zigzag; numai la ultima cursă, de finisare, se va introduce avansul longitudinal.

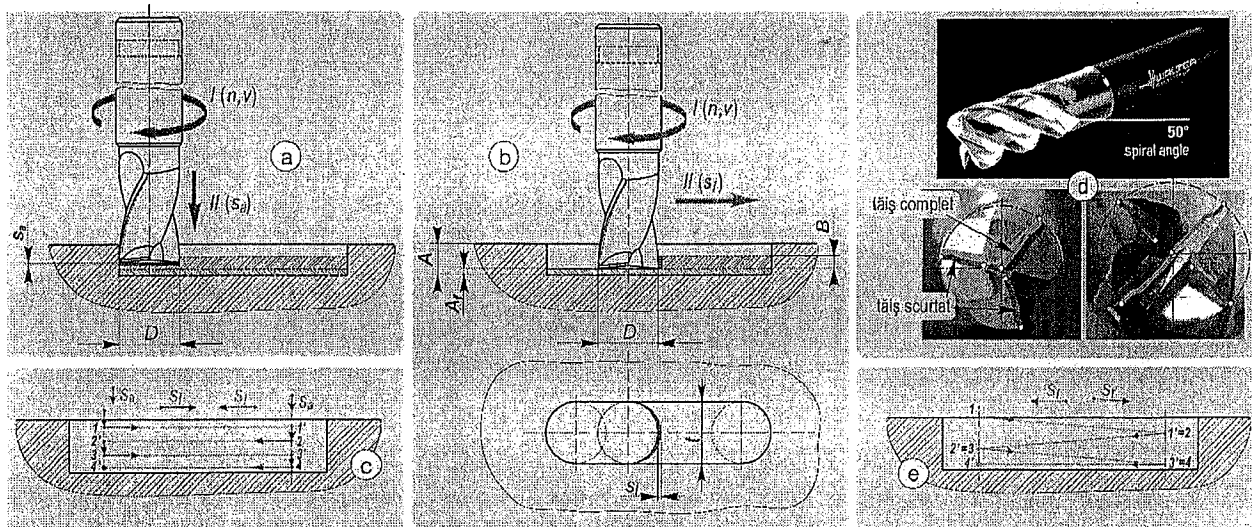


Fig. 6.13. Frezare canal pentru pană longitudinală cu freză deget cu tăiș până la axă: (a) etapa 1: avansarea axială; (b) – etapa 2: deplasarea longitudinală; (c) – ciclul mișcărilor de avans; (d) – tăișurile frontale ale frezei; (e) – ciclul mișcărilor de avans la frezarea «în rampă»

◆ **Canalul semideschis pentru pana disc** (fig. 6.14) se obține prin frezarea cu freza disc, forma curbilinie a locașului fiind dată de profilul și diametrul frezei. În afara mișcării principale I de rotație a frezei, va exista o mișcare de avans de pătrundere (pe direcție radială) a sculei sau a piesei.

2.5. Frezarea suprafețelor profilate

◆ **Frezarea profilelor plane** se execută cu ajutorul frezelor a căror suprafață de revoluție are profilul conjugat profilului piesei, numite *freze profilate* (fig. 6.15).

Frezele profilate sunt de fapt freze disc, freze cilindrice sau cilindro-frontale, cu tăișurile așchietoare principale profilate, corespunzător profilului suprafeței ce urmează a fi prelucrat.

◆ În cazul unor suprafețe cu profil combinat și de lățime mare se utilizează un *set (joc) de freze*, format prin alipirea mai multor scule cu profil adecvat (fig. 6.15, c). Uneori frezele componente din set se întrepătrund parțial, pentru a asigura continuitatea suprafeței profilate.

◆ **Suprafețele profilate spațial** pot fi prelucrate pe mașinile de frezat clasice cu ajutorul unor șabloane sau pe mașinile-unelte cu comandă numerică. În acest scop se utilizează freze deget cu cap sferic (fig. 6.16) și o cinematică complexă.

2.6. Frezarea suprafețelor de revoluție

Degroșarea suprafețelor de revoluție se efectuează în general prin strunjire. Uneori, însă, suprafețele cilindrice sau conice se obțin prin frezare; operația poate fi mai productivă, dar este mai puțin precisă decât strunjirea.

Prelucrarea prin frezare a suprafețelor de revoluție, numită și **frezare circulară** (fig. 6.17), necesită o mișcare principală I de rotație a frezei și două mișcări de avans. Mișcarea de rotație continuă II a semifabricatului – ca avans circular – combinată cu mișcarea principală I concură la generarea curbei circulare Δ .

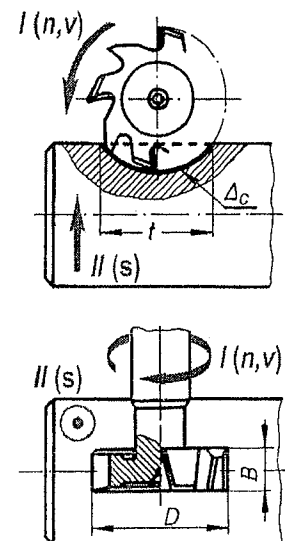


Fig. 6.14. Frezarea unui canal pentru pană disc

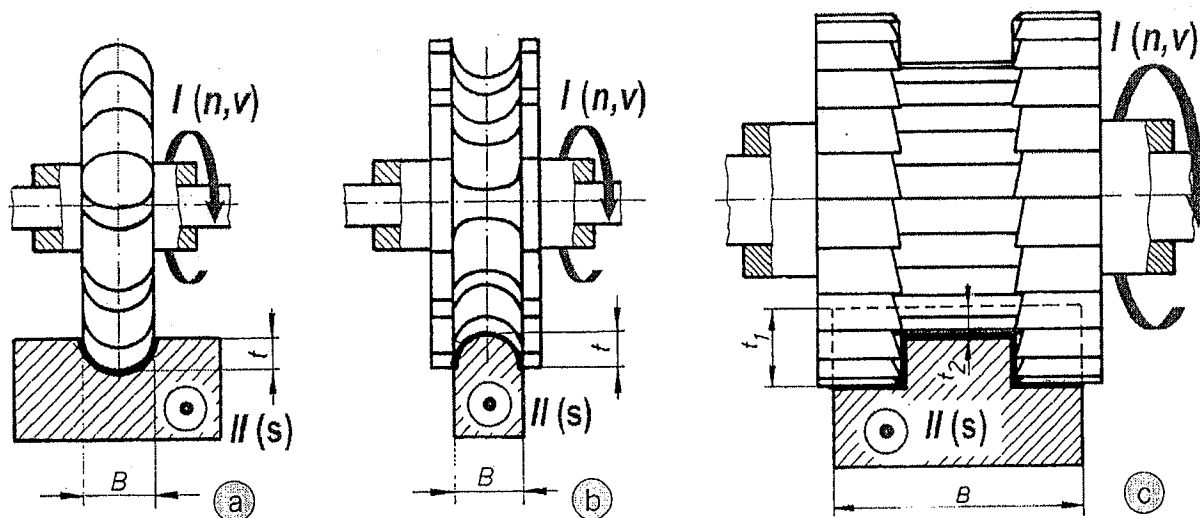


Fig. 6.15. Frezarea profilelor plane: cu freză disc convexă (a); cu freză disc concavă (b); cu joc de freze (c)

Mișcarea III de avans continuu în lungul generatoarei (execută în general de freza cilindro-conică) va genera prin mișcare forma cilindrică sau conică a piesei (curba Γ_c) (fig. 6.17, a, respectiv b); dacă mișcarea III de avans este executată radial, profilul frezei se imprimă pe piesă, prin forma conjugată a curbei Γ_m (fig. 6.17, c)

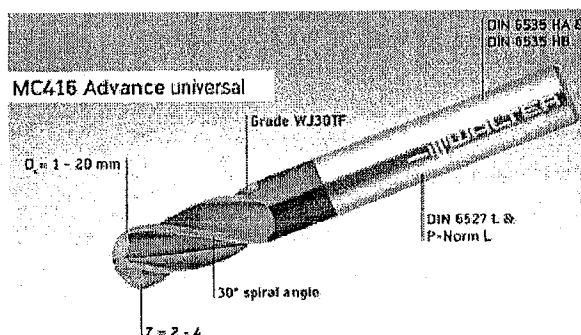


Fig. 6.16. Freză deget cu cap sferic pentru profilare

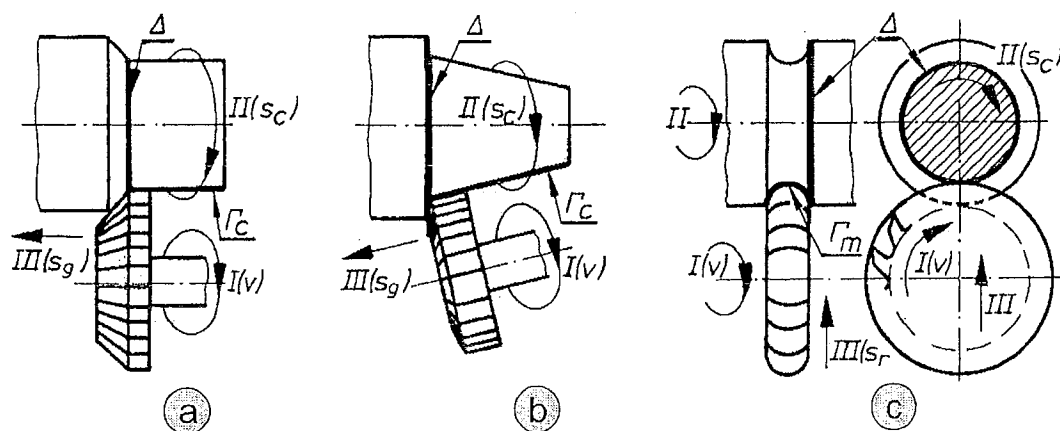


Fig. 6.17. Frezarea circulară a suprafețelor cilindrice (a), conice (b) și profilate (c)

◆ O metodă productivă de frezare circulară a suprafețelor cilindrice exterioare de lungime mare este **rotofrezarea**. La **rotofrezarea tangențială** (fig. 6.18), freza (frontală) este poziționată cu axa perpendicular pe axa semifabricatului și supraînălțată cu distanța h . Freza execută mișcarea principală de rotație I , iar semifabricatul mișcarea II de avans circular. Simultan, freza execută mișcarea III de avans longitudinal, rectiliniu și continuu. Mișcarea auxiliară IV este necesară pentru reglarea grosimii stratului de material prelevat (în acest caz este lățimea de frezare B).

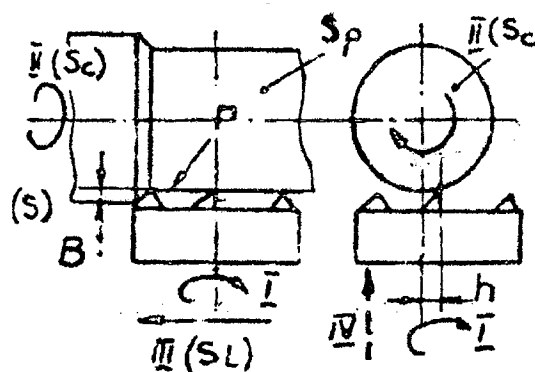


Fig. 6.18. Rotofrezarea tangențială a suprafețelor cilindrice

MUCNPA 7

PRELUCRAREA PRIN RABOTARE ȘI MORTEZARE

1. Particularitățile prelucrării prin rabotare și mortezare

Rabotarea este procedeul de generare-prelucrare prin așchiere caracterizat prin următoarele particularități:

- ♦ mișcarea principală de așchiere – executată de sculă sau semifabricat – este o mișcare rectilinie alternativă *în plan orizontal*, efectuată în cicluri de curse duble (dus și întors), din care numai prima este activă.

- ♦ mișcarea de avans are loc pe direcție perpendiculară la mișcarea principală, prin deplasări rectilinii intermitente, efectuate la sfârșitul cursei inactive (de revenire);

Mortezarea este un procedeu de prelucrare prin așchiere asemănător cu rabotarea, cu deosebirea că mișcarea principală – de asemenea rectilinie alternativă – este executată *în plan vertical* și numai de către sculă. Avansul este intermitent, efectuat pe traiectorie rectilinie sau circulară.

Rabotarea și mortezarea se studiază simultan datorită particularităților lor comune:

- tipul sculelor așchietoare folosite – scule monodinte formate dintr-un corp prismatic și un dinte confecționat din oțel rapid sau armat cu plăcuță din CMS, numite *cuțite de rabotat*, respectiv *cuțite de mortezat*;

- fenomenele fizice care însoțesc procesul de așchiere – așchiera se produce cu șoc, la intrarea sculei în material. Cuțitele de rabotat sunt solicitate la încovoiere, în timp ce cele de mortezat la compresiune.

Prin rabotare se pot prelucra suprafețe plane orizontale, verticale sau înclinate, suprafețe riglate sau, folosind dispozitive speciale, chiar suprafețe de rotație, pe piese prismatice. Prin mortezare se obțin suprafețe plane, circulare sau profilate, poziționate numai în plan vertical. Semifabricatele se fixează direct pe masa mașinii (prevăzută cu canale în T), ori prin intermediul unor dispozitive.

La rabotare viteza de așchiere este variabilă în timpul cursei active, aceasta depinzând de tipul mecanismului mașinii-unelte care o asigură. Gradul de neuniformitate a vitezei este mai mare la acționarea mecanică – prin folosirea mecanismului cu culisă oscilantă – și mai redus la acționarea hidraulică.

Datorită caracterului discontinuu al așchierii precizia de prelucrare obținută la rabotare corespunde ca valori medii treptelor de precizie ISO 10...12, pentru degroșare și 8...11 pentru finisare. Calitatea suprafeței prelucrate prin rabotare este limitată la valori ale rugozității R_a între 12,5 și 100 μm la degroșare și 1,6 ÷ 25 μm la finisare. Abaterea de la planitate nu depășește 0,05 ÷ 0,2 mm la 1000 mm lungime – pentru mașinile de rabotat longitudinal și 0,35 – 0,5 mm/1000 mm – pentru mașinile de rabotat transversal.

Oportunitatea rabotării, comparativ cu alte procedee similare (broșare, frezare) ia în considerație câteva aspecte:

- unele suprafețe profilate se realizează prin rabotare în condiții mult mai eficiente: canale în V, ghidaje în coadă de rândunică. La unele piese masive (batiuri, ghidaje, carcase, mese ș.a.), precizia dimensională, de forma geometrică și de poziție reciprocă se obține, prin rabotare, în condiții mai avantajoase;



- la prelucrarea suprafețelor plane și relativ înguste, a ghidajelor ce urmează a fi finisate prin răzuire, rabotarea este eficientă și preferată, deoarece precizia suprafeței obținute în aceste condiții este mai bună decât cea rezultată prin frezare;
- costul mașinilor de rabotat este aproximativ jumătate din costul unei mașini de frezat de dimensiuni și performanțe comparabile;
- rabotarea este mai economică față de alte procedee, la producția individuală și de serie mică;

Toate particularitățile menționate sunt valabile și la mortezare. Procedeele se aplică eficient la prelucrarea unor suprafețe aflate în zone greu accesibile ale piesei, în special suprafețe interioare: canale de pană în alezaje, caneluri și cuplaje interioare, locașuri prismatice interioare, degajări înfundate. Procesul este recomandat pentru producția de serie mică, chiar și în cazurile în care suprafețele ar putea fi obținute prin broșare.

2. Cinematica mașinilor de rabotat și de mortezat

◆ După modul de repartizare a celor două mișcări de lucru, principalele tipuri de **mașini de rabotat** sunt (fig. 7.1):

◆ *Mașini de rabotat transversal* (sau *șepinguri*) numite și *mașini cu cuțit mobil*, la care mișcarea principală este realizată de scula așchietoare, iar mișcarea intermitentă de avans este efectuată de semifabricat, fixat pe masa mașinii (fig. 7.1, a). Sunt mașini de gabarit mediu, destinate prelucrării suprafețelor plane (orizontale sau înclinate) și a canalelor deschise, pe piese de dimensiuni mici și mijlocii, cu lungimea maximă de 1.000 mm și lățime sub 800 mm. Cu ajutorul unor dispozitive speciale este posibilă execuția unor profile plane.

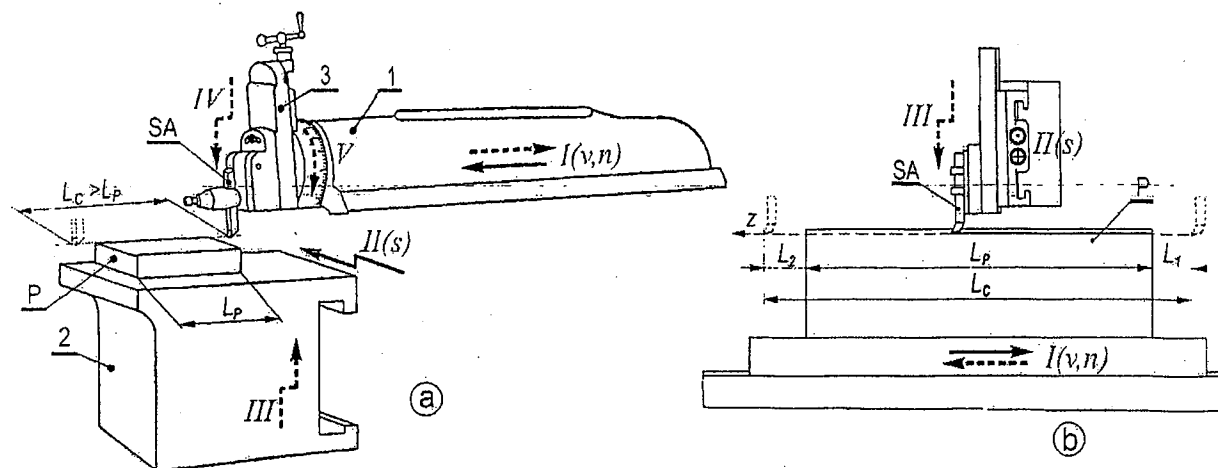


Fig. 7.1. Principiul de lucru la mașina de rabotat transversal (a) și longitudinal (b):

P – piesă-semifabricat; SA – sculă așchietoare; $I(v,n)$ – mișcare principală de așchiere;

$II(s)$ – mișcare de avans; III, IV – mișcări de reglare sau posibile de avans

◆ *Mașini de rabotat longitudinal* (sau *raboteze*), numite și *mașini de rabotat cu masă mobilă* – asigură mișcarea principală I la nivelul semifabricatului, în timp ce mișcarea de avans intermitent II este executată de sculă (fig. 7.1, b). Sunt destinate prelucrării suprafețelor plane sau profilate (cu dispozitive speciale) la piese mari și foarte mari (plăci, batiuri și ghidaje la batiuri, mese pentru mașini-unelte, blocuri de motoare, carcase etc.), lungimea cursei ajungând la 15.000...20.000 mm. Există construcții cu una sau două coloane.

◆ *Mașini de rabotat cu masă fixă* – au structura constructivă asemănătoare rabotezelor, dar ambele mișcări le execută scula/sculele așchietoare, piesa fiind imobilă.

◆ *Mașini de rabotat muchiile tablelor*, la care scula așchietoare efectuează atât mișcarea principală rectilinie-alternativă, cât și avansul intermitent. Prin cinematica mașinii și prin construcția căruciorului (prevăzut cu două suporturi port-sculă așezate «în oglindă»), ambele curse ale mișcării principale sunt active.

Cu toate deosebirile dimensionale, de formă și de repartizare a mișcărilor, mașinile de

rabotat au în general aceleași caracteristici pentru mișcările de lucru:

- ♦ mișcarea principală este rectilinie-alternativă, efectuată în cicluri de curse duble (dus și întors), din care una este activă. Ea se obține cu ajutorul unor mecanisme specifice de transformare a mișcării de rotație (continuă, primită de la cutia de viteze) în mișcare rectilinie-alternativă: *culisa oscilantă* – în cazul șepingului cu acționare mecanică și mecanismul *roată dințată-cremalieră* – în cazul rabotezei;
- ♦ mișcarea de avans, intermitentă, este realizată în afara procesului efectiv de așchiere, pe durata cursei inactive (de revenire/de mers în gol) și se efectuează pe direcție perpendiculară la mișcarea principală;
- ♦ așchiera are loc cu șoc, la intrarea cuțitului în semifabricat.

2.1. Construcția șepingului normal cu acționare mecanică

Șepingul obișnuit (normal) este destinat prelucrării suprafețelor plane orizontale sau înclinate, canalelor deschise și suprafețelor profilate riglate (prin atașarea unor dispozitive speciale de copiere) pe semifabricate cu masa până la 500kg și cu dimensiuni medii (lungime maximă: 1000m; lățime maximă: 700 ÷ 800mm). Este cel mai răspândit tip de șeping.

Șepingul normal se compune (fig. 7.2) dintr-o *placă de bază 1*, un *batiu robust 2*, de formă prismatică, prevăzut cu ghidaje rectilinii orizontale – pe care culisează un *berbec 3* – și dintr-o *masă portpiesă 4*, deplasabilă pe ghidajele orizontale ale unei *traverse 5*, ce culisează pe *ghidajele verticale 6* (practice în partea din față a batiului 2). Berbecul 3 – care execută mișcarea principală rectilinie-alternativă – are montat pe partea frontală un *cap portsculă înclinabil 7*, ce cuprinde o *sanie portsculă 8*, un *suport portcuțit 9* (orientabil) și *scula așchietoare SA*, fixată în locașul *portcuțitului 10* (cu ajutorul unui șurub special, cu eclise și, mai rar, cu bride) pe o *clapetă rabatabilă 11* (cu rol de ridicare/îndepărtare a cuțitului pe durata cursei de revenire, în scopul de a proteja tăișul sculei și suprafața prelucrată¹).

Masa 4 a mașinii este prevăzută cu canale în formă de T pe care se fixează piesa de prelucrat *P*, cu ajutorul unor dispozitive de prindere. Pentru rigidizare, masa 4 este sprijinită suplimentar de o *consolă 12*.

♦ Structura cinematică a șepingului normal asigură realizarea următoarelor *mișcări de lucru și de reglare*:

- ♦ *mișcarea principală de așchiere I*, rectilinie-alternativă, efectuată pe direcție orizontală de berbecul 3 (pe ghidajele superioare ale batiului 4), imprimă cuțitului *SA* o cursă activă cu viteza v_a și o cursă de revenire – cu viteza $v_i > v_a$.
- ♦ *mișcarea de avans transversal II*, în plan orizontal, rectilinie și intermitentă (pe direcție perpendiculară pe direcția mișcării principale *I*), este efectuată de masa mașinii 4 (deci de piesa *P*), prin intermediul cuplei cinematice de alunecare dintre masa 4 și traversa (sania) 5.
- ♦ *mișcarea de avans vertical II'*, rectilinie și intermitentă, e realizată de masa mașinii 4 împreună cu sania 5, prin deplasarea în lungul ghidajelor verticale 6.
- ♦ *mișcarea de avans II''*, rectilinie și intermitentă, pe direcție înclinată sau verticală, este efectuată de sania portsculă 8, în lungul ghidajelor de pe capul portsculă 7.

În același timp, sunt posibile următoarele *mișcări auxiliare* (reprezentate cu linie întreruptă):

- ♦ *mișcarea de reglare III* a capului portsculă înclinabil 7, pentru poziționarea unghiulară a saniei portsculă 8, în vederea rabotării suprafețelor înclinate.
- ♦ *mișcarea de reglare IV* a suportului portcuțit 9 în raport cu sania portsculă 8, pentru poziționarea unghiulară a cuțitului (cu unghiul θ), în vederea obținerii unghiurilor efective (în special K) optime, precum și pentru evitarea interferenței dintre elementele capului portsculă

¹ În mod frecvent această mișcare de pendulare în afara piesei se face liber, prin inerție. În schimb, la finisare sau la utilizarea cuțitelor din carburi metalice, se atașează dispozitive speciale pentru ridicarea automată a cuțitului pe durata cursei inactive.



7 cu semifabricatul, la prelucrarea suprafețelor verticale sau înclinate.

♦ *mișcarea pe reglare-poziționare V* a cuțitului SA, prin rotirea portcuțitului 10, în scopul obținerii geometriei optime și pentru evitarea interferenței.

♦ *mișcarea de retragere VI* a cuțitului SA, prin bascularea portcuțitului 10 și a clapetei rabatabile 11, pentru evitarea contactului sculă – piesă pe durata cursei de întoarcere.

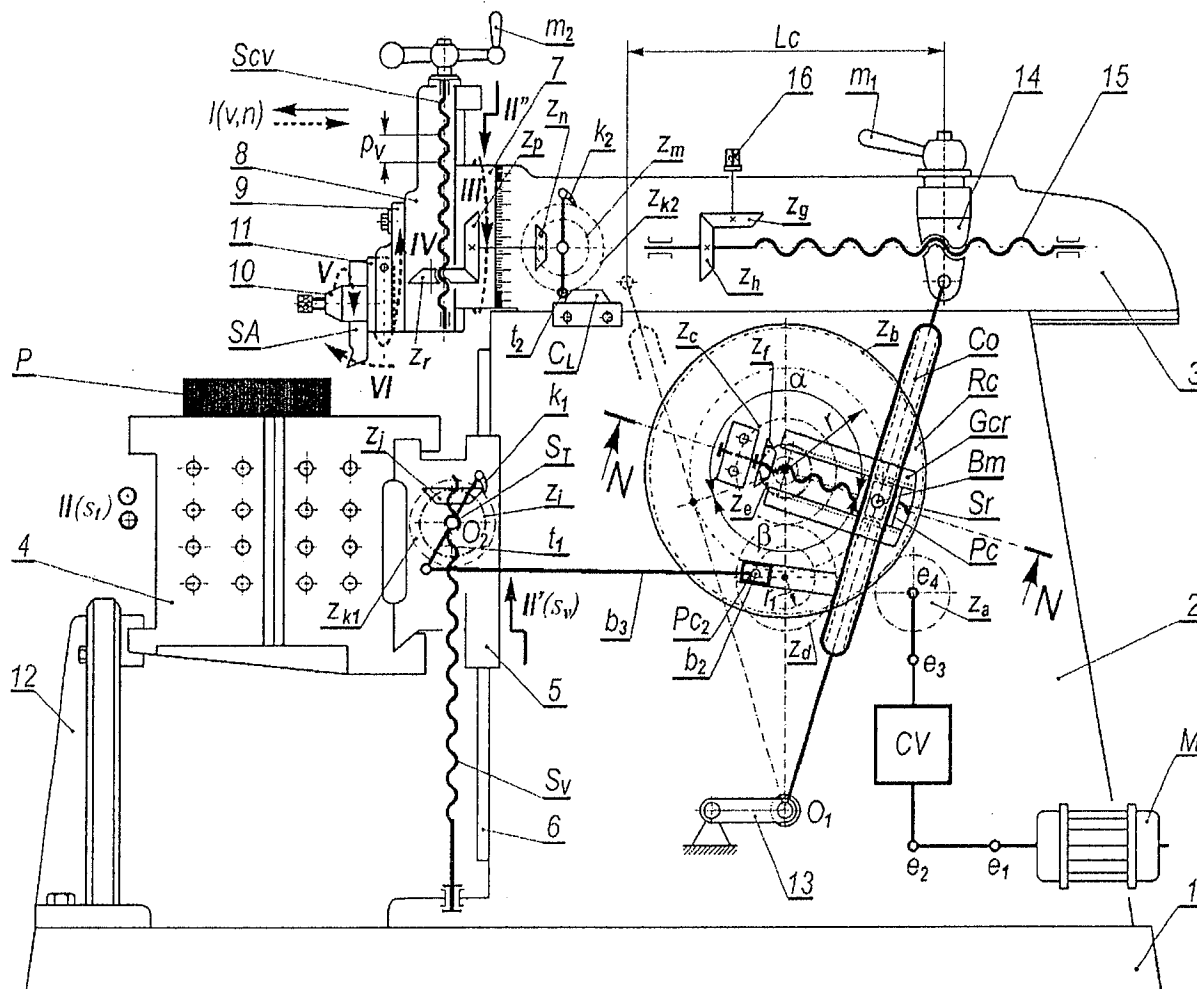


Fig. 7.2. Părțile componente ale șepingului normal cu acționare mecanică:

1 – placă de bază; 2 – batiu; 3 – berbec; 4 – masă portpiesă; 5 – traversă (sanie verticală); 6 – ghidaje verticale batiu; 7 – cap portsculă; 8 – sanie portsculă; 9 – suport portcuțit; 10 – portcuțit; 11 – clapetă rabatabilă; 12 – consolă; 13 – cercel; 14 – piuliță blocare; 15 – șurub reglare poziție berbec; 16 – ax antrenare șurub; P – piesă semifabricat; SA – sculă așchietoare

Acționarea șepingului se face de la un motor M electric, care asigură atât mișcarea rectilinie alternativă a berbecului pe ghidajele superioare ale batiului (*mișcarea principală de așchiere I*), cât și avansul intermitent (*mișcarea II*).

Reglarea poziției cursei L_C a berbecului în raport cu suprafața de prelucrat se realizează prin deblocarea piuliței 14 (slăbind maneta m_1) și rotind șurubul 15 cu ajutorul angrenajului conic z_g / z_h , prin antrenarea capului pătrat 16. După reglare se blochează maneta m_1 .

2.2. Construcția rabotezei și a mașinii de mortezat

♦ Mașinile de rabotat lucrează pe principiul mașinilor de rabotat transversal, cu deosebirea că mișcarea principală rectilinie-alternativă se efectuează în plan vertical.

Mașinile de rabotat cu masă mobilă sunt destinate prelucrării suprafețelor plane și profilate la piese de dimensiuni mari și foarte mari, cu adaosuri mari de prelucrare (ghidaje de batiuri, sănii și mese pentru mașini-unelte, carcase, blocuri de motoare, table, plăci etc.).

Principalele elemente constructive ale *mașinii de rabotat cu două coloane* sunt (fig.

7.3): masa mobilă port-piesă 1 – așezată pe un batiu (pat) 2; două coloane 3 și 4 cu ghidajele verticale 5, în lungul cărora se deplasează 2 cărucioare laterale (verticale) 6 și 7; traversa mobilă 8, cu ghidajele 9 pe care se deplasează cărucioarele centrale (orizontale) 10 și 11; traversa fixă 12 care, împreună cu coloanele 3 și 4 și batiul 2, realizează un cadru închis și rigid al mașinii.

Săniile port-sculă 13 și 14 de pe cărucioarele verticale 6 și 7, precum și săniile 15 și 16 ale cărucioarelor orizontale 10 și 11 sunt montate pe plăcile rotative 17, pentru poziționarea unghiulară a săniilor – în vederea prelucrării suprafețelor înclinate.

Mișcarea principală I, rectilinie alternativă, este executată de masa mașinii (perpendicular pe planul desenului). Mișcările posibile de avans sunt efectuate de cuțitele fixate în săniile port-sculă 13 și 14 ale cărucioarelor verticale 6 și 7 și săniile 15 și 16 ale cărucioarelor orizontale 10 și 11. Direcția de avans poate fi orizontală (mișcările III și IV), verticală (mișcările II și V), ori înclinată – după poziționarea înclinată a săniilor cu plăcile rotative 17 (direcție nereprezentată în fig. 7.3). Avansul este intermitent și se produce la fiecare cursă dublă a mesei, la sfârșitul cursei de retragere a mesei. El poate fi executat simultan de mai multe săniile port-sculă, pentru prelucrarea concomitentă a mai multor suprafețe. Direcțiile de avans neutilizate devin direcții posibile de reglare (prin deplasare continuă). În funcție de înălțimea piesei, înainte de începerea prelucrării, traversa mobilă 8 se poziționează convenabil, prin mișcarea auxiliară VI.

◆ **Mașinile de mortezat** sunt destinate prelucrării suprafețelor plane, profilate, canalelor exterioare și interioare, cu diferite forme ale generatoarei.

Schema de principiu a mașinii de mortezat cu acționare mecanică este prezentată în figura 7.4. Sistemul pentru realizarea avansului și/sau poziționarea piesei este format din sania longitudinală 2, sania transversală 3 și masa rotativă 4, existând două direcții ortogonale de translare și una de rotire. Acestea se pot concretiza în mișcări intermitente de avans longitudinal II, transversal III și circular IV, ori în mișcări de reglare.

Berbecul (culisoul) portsculă 5 execută mișcarea principală rectilinie-alternativă I. Unele construcții sunt prevăzute cu o placă rotativă pentru poziționarea unghiulară a ghidajelor berbecului. De asemenea, la mortezele cu curse foarte mari, se introduce o sanie intermediară între montantul 6 și berbecul 5. Aceasta permite poziționarea berbecului în funcție de înălțimea piesei de prelucrat.

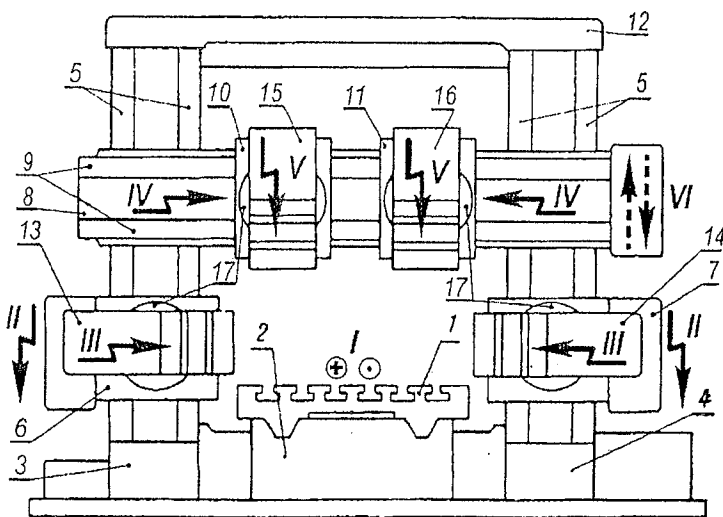


Fig. 7.3. Schema mașinii de rabotat cu două coloane

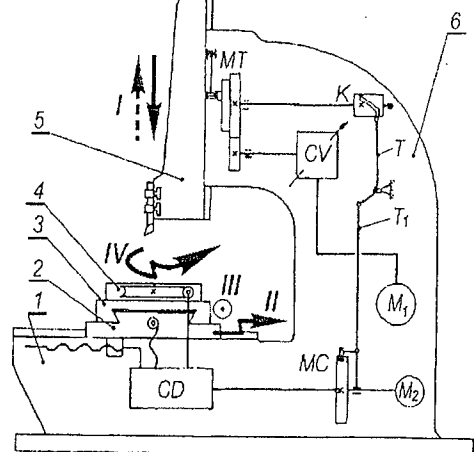


Fig. 7.4. Schema mașinii de mortezat

3. Prelucrări prin rabotare și mortezare

În condițiile realizării unei mișcări principale rectilinii-alternative și ale unui avans intermitent, **rabotarea** se poate executa în mai multe variante:

deosebesc însă de sculele destinate strunjirii, îndeosebi prin robustețe și geometria părții active – datorită condițiilor grele de lucru: așchiere întreruptă, cu pătrunderea cu șoc în material; secțiunea de așchie detașată mai mare. Ca urmare, corpul sculei are secțiunea de $1,25 \div 1,5$ ori superioară cuțitelor de strung, iar geometria este ușor modificată, în vederea orientării convenabile a tăișului (se evită intrarea în material cu vârful tăișului).

Există mai multe criterii de clasificare a cuțitelor de rabotat. Astfel, având în vedere forma, cuțitele pot fi clasificate după poziția și forma părții active, existând diferite combinații între acestea (fig. 7.7).

◆ După poziția părții active în raport cu corpul, se disting:

- *cuțite drepte* (pe stânga sau pe dreapta), la care axa de simetrie a corpului este dreaptă, atât în plan cât și în vedere laterală (fig. 7.7, a, b, c, d, f și g);
 - *cuțite încovoiate* (pe stânga sau pe dreapta), la care axa de simetrie a corpului cuțitului este încovoiată în plan (fig. 7.7, e);
 - *cuțite cotite* (cotite înapoi), la care axa de simetrie este cotită în vedere laterală (fig. 7.7, h).
- ◆ După forma și geometria părții active, se deosebesc:
- *cuțite normale* (pentru degroșare) (fig. 7.7, a și b);
 - *cuțite laterale* – pentru degroșarea/finisarea suprafețelor plane laterale (fig. 7.7, c, d și e);
 - *cuțite pentru finisare*, cu unghiuri de atac κ_1 mici ca valoare (fig. 7.7, b, d și f);
 - *cuțite late* (fig. 7.7, f);
 - *cuțite îngustate* (pe stânga, simetrice sau pe dreapta), ce au partea activă mai îngustă decât corpul și sunt destinate debitării sau prelucrării canalelor (fig. 7.7, g și h).

Cuțitele drepte (cu plăcute dure lipite) sunt utilizate la prelucrarea suprafețelor plane orizontale, iar *cuțitele laterale* – pentru prelucrarea suprafețelor plane verticale și înclinate.

Cuțitul îngustat, drept sau cotit este folosit la retezare/debitare și la obținerea canalelor.

Cuțitele cotite înapoi sunt destinate degroșării materialelor cu incluziuni de zgură sau a celor cu crustă dură.

5. Regimul de așchiere la rabotare

Stabilirea regimului de așchiere la rabotare presupune parcurgerea mai multor etape:

- stabilirea adâncimii de așchiere și a numărului de treceri;
 - stabilirea valorii avansului;
 - calcularea vitezei optime de așchiere și a frecvenței optime de lucru;
- ◆ **Adâncimea de așchiere (t)** (măsurată în mm) se stabilește în primul rând în funcție de modul de generare a suprafeței. Astfel, în cazul prelucrării prin transpunerea profilului sculei, adâncimea t este impusă de lungimea muchiei așchietoare active, ceea ce limitează avansul s la valori sub $0,5$ mm/c.d.
- ◆ **Avansul de așchiere (s)**, măsurat în milimetri pe cursă dublă (mm/c.d.), se stabilește în funcție de tipul operației (degroșare sau finisare), de adâncimea de așchiere t (se are în vedere mărirea secțiunii de așchie), de materialul așchietor și cel așchiat, forma și poziția suprafeței de prelucrat, geometria părții active a cuțitului și de rugozitatea impusă prin desen, fișă tehnologică, ori plan de operații (pentru trecerea de finisare).

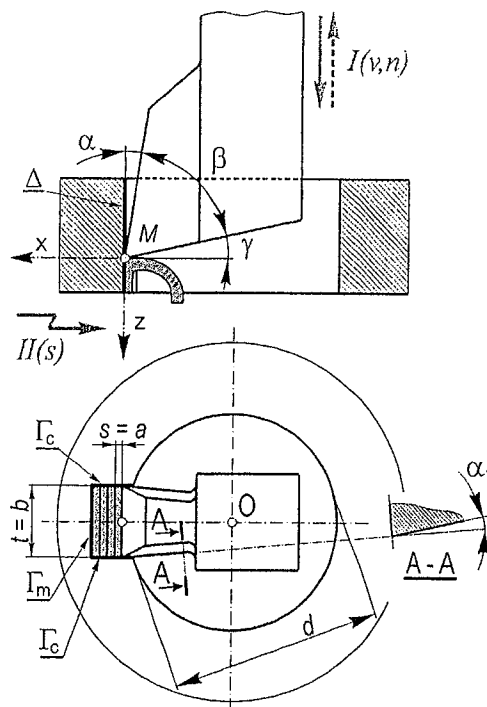


Fig. 7.6. Mortezarea unui canal de pană

- rabotarea longitudinală, la care piesa efectuează mișcarea principală rectilinie-alternativă, iar mișcarea de avans este executată de către sculă. Mașinile-unelte ce folosesc acest principiu de lucru se numesc *mașini de rabotat longitudinal (cu masă mobilă)* sau *raboteze*;
- rabotarea transversală este caracterizată de efectuarea mișcării principale de către sculă, iar avansul intermitent de către piesă. Mașinile-unelte corespunzătoare se numesc *mașini de rabotat transversal (cu cuțit mobil)* sau *șepinguri*;
- rabotarea muchiilor – atât mișcarea principală cât și avansul intermitent sunt realizate de cuțitul de rabotat, piesa fiind imobilă. Mașinile-unelte specifice se numesc mașini de rabotat marginile tablelor sau *mașini de șanfrenat*. Operația se poate desfășura și pe șepingurile ce oferă – prin construcția lor – posibilitatea cuplării avansului mecanic la nivelul dispozitivului portcuțit.
- ♦ La mortezare se execută aceleași mișcări ca la rabotarea transversală, cu deosebirea că direcția mișcării principale (a sculei) este verticală.
- ◆ Indiferent de modul de generare a curbei generatoare, operația de rabotare necesită prezența a două mișcări de lucru (fig. 7.5): mișcarea principală, rectilinie-alternativă, $I(n, v)$, realizată în plan orizontal și mișcarea de avans II , intermitentă, efectuată într-un plan perpendicular pe direcția mișcării I . La rabotarea transversală mișcarea I este efectuată de masa port-piesă, iar avansul II este realizat de cuțit (fig. 7.5, a). În cazul rabotării transversale (pe șeping), rolurile sunt inversate: cuțitul execută mișcarea principală, iar piesa mișcarea de avans (fig. 7.5, b).

Există însă și construcții de șepinguri la care scula așchietoare poate realiza mișcarea de avans (v. fig. 7.2), aspect foarte util la prelucrarea suprafețelor înclinate (de ex: canale în coadă de rândunică), fără a necesita înclinarea piesei sau a mesei.

- ♦ Rabotarea suprafețelor profilate înguste se poate realiza cu cuțite profilate, prin metoda copierii profilului sculei (fig. 7.5, c).

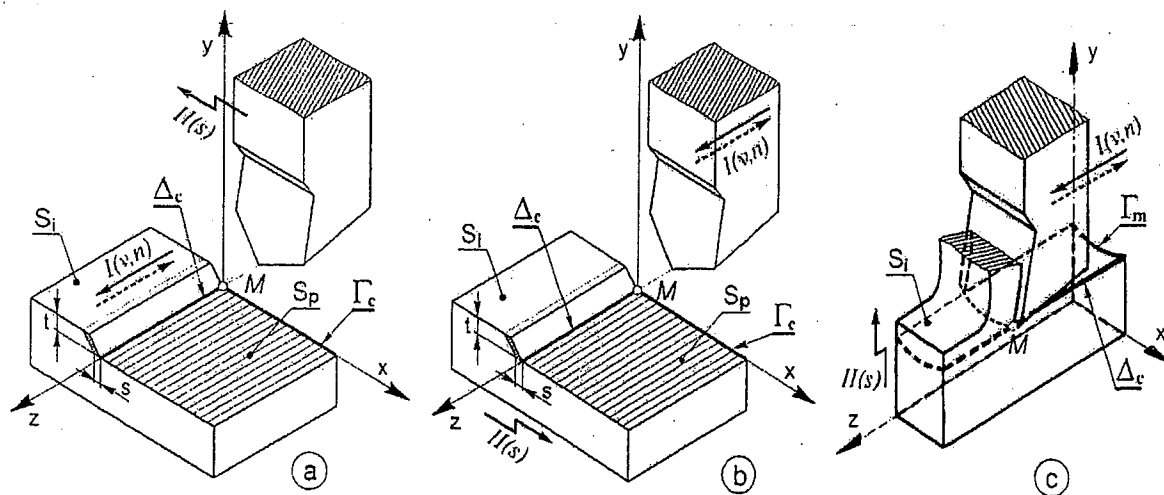
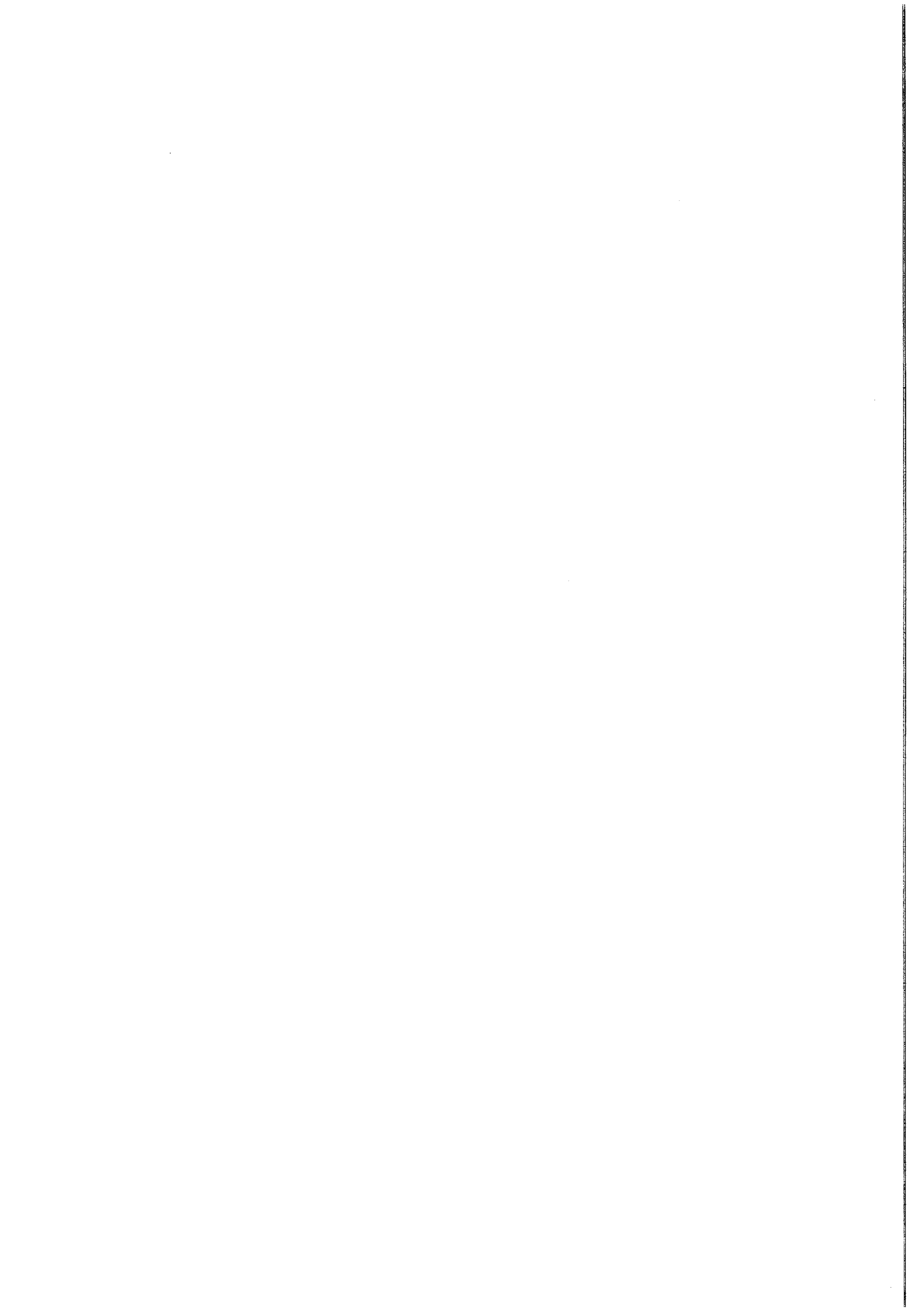


Fig. 7.5. Prelucrarea prin rabotare longitudinală (a) și transversală (b) a suprafețelor plane și rabotarea transversală profilată (c)

- ◆ Mortezarea se desfășoară în prezența aceluiași mișcări ca și în cazul rabotării transversale, cu deosebirea că mișcarea principală rectilinie-alternativă a cuțitului are loc în plan vertical.
- ♦ Un caz întâlnit frecvent în practică este mortezarea canalelor de pană în interiorul pieselor (fig. 7.6).

4. Scule așchietoare utilizate la rabotare

Pentru prelucrarea pe mașinile de rabotat se folosesc mai multe tipuri de cuțite, asemănătoare cu cele de la strunjire; acestea au partea de prindere-fixare de formă prismatică, iar partea activă este formată dintr-un singur dinte, cu unul, două sau mai multe tășuri. Se



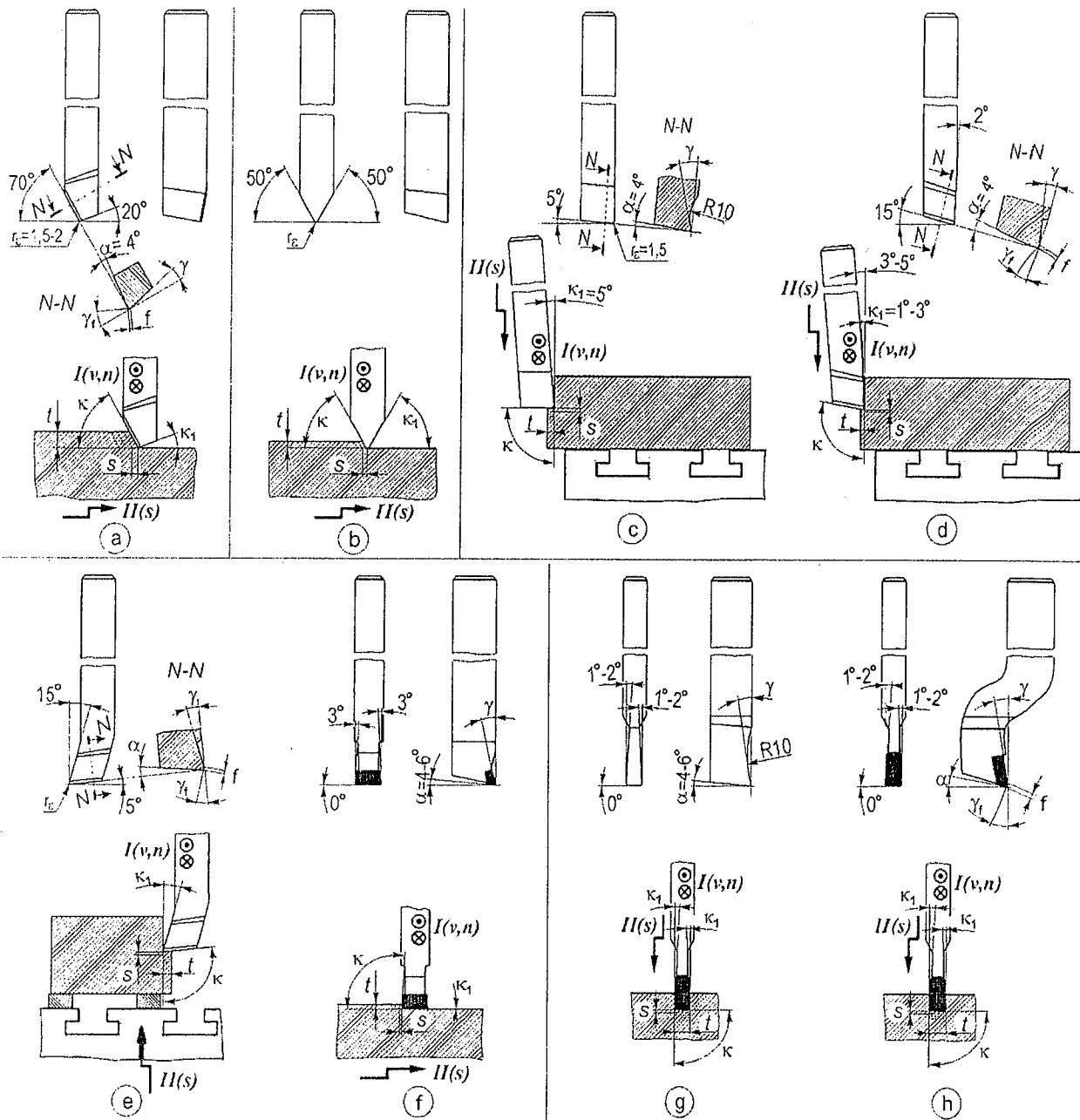


Fig. 7.7. Tipuri de cuțite utilizate la rabotare: (a) cuțit normal, drept, pentru degroșare; (b) cuțit normal, drept, pentru finisare; (c) cuțit drept, lateral, pentru degroșare; (d) cuțit drept, lateral, pentru finisare; (e) cuțit încovoiat, lateral; (f) cuțit drept, lat, pentru finisare; (g) cuțit drept, îngustat (pentru canelare); (h) cuțit cotit, îngustat (pentru canelare)

◆ *Viteza optimă de așchiere* (v_{opt}) pentru rabotare se calculează cu o relație de forma (7.1),

$$v_{opt} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v} \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^{n_v}} \cdot K_v \quad [\text{m/min}] \quad (7.1)$$

în care: T este durabilitatea sculei (în minute); t – adâncimea de așchiere (în mm), s – avansul (în mm/c.d.); HB – duritatea materialului prelucrat. Constanta C_v – ce depinde de caracteristicile materialului de prelucrat, coeficientul K_v – obținut ca produs al unor coeficienți de corecție ai vitezei și exponenții m , x_v , y_v , n_v se aleg din tabele, în funcție de condițiile de lucru. Prin aplicarea relației (7.1) se obțin pentru viteza optimă de așchiere valori cuprinse între 12 și 75 m/min.

Practic, după calcularea vitezei optime de așchiere, se calculează frecvența tehnologică a mișcării principale (în curse duble pe minut) și se alege de pe mașină valoarea imediat inferioară.

Relația de legătură între viteza de așchiere și frecvența n depinde însă de tipul mașinii-unelte utilizate sau, mai exact, de tipul mecanismului de transformare a mișcării de rotație în mișcare rectilinie alternativă ce intră în componența lanțului cinematic principal al mașinii-unelte.

♦ Astfel, mașinile de rabotat transversal (șepingurile) cu acționare mecanică utilizează, pentru transformarea mișcării, un *mecanism cu culisă oscilantă*, astfel că viteza de deplasare a cuțitului este variabilă – cu un maxim pe mijlocul cursei, iar vârful de viteză la cursa activă este mai mic decât la cursa de revenire. Se acceptă luarea în calcul a unei viteze medii de așchiere v_{med} , definită prin relația:

$$v_{med} = \frac{2 \cdot L_c \cdot n}{1000} , \quad [\text{m/min}] \quad (7.2)$$

în care n este frecvența mișcării principale, iar L_c este lungimea cursei berbecului, care se stabilește cu relația (7.3) în funcție de lungimea suprafeței de prelucrat L_p , cursa în gol la intrarea cuțitului în material – L_1 și cursa la ieșirea din material – L_2 ²:

$$L_c = L_1 + L_p + L_2 , \quad [\text{mm}] \quad (7.3)$$

² Mișcarea principală rectilie-alternativă presupune că în punctele de inversare a sensului de mișcare viteza de așchiere este nulă, ceea ce impune ca lungimea cursei de lucru să fie mai mare decât lungimea suprafeței de prelucrat, adică să existe o zonă de intrare și alta de ieșire a sculei în și din material. În general se adoptă $L_1 = L_2$ și $L_1 + L_2 = 35 \div 75$ mm la prelucrarea pe șeping și $200 \div 475$ mm la prelucrarea pe raboteze.



CONSTRUCȚIA ȘI CINEMATICA MAȘINII DE FREZAT

1. Structura mașinii de frezat. Mașini de frezat cu consolă

Mașinile de frezat sunt destinate prelucrării următoarelor tipuri de suprafețe: plane și profilate, canale deschise și suprafețe complexe. Procesul de așchiere are loc prin compunerea mișcării principale (rotația sculei) cu una sau două mișcări de avans, executate de semifabricat și/sau de către sculă. Variantele de lucru cu două mișcări coordonate de avans se utilizează pentru generarea suprafețelor elicoidale sau pentru conturarea suprafețelor complexe, prin comandă după șablon sau prin comandă cu sisteme numerice. În afară de mișcările de lucru, sunt necesare și diferite mișcări auxiliare, de poziționare reciprocă sculă-semifabricat. Poziționarea se realizează prin mișcări de translație și de rotație ale elementelor sistemului tehnologic, utilizând lanțurile cinematice de avans mecanic rapid (pentru curse mai mari) și/sau avansul manual.

Marea diversitate a mașinilor de frezat a făcut să se contureze mai multe criterii de clasificare: • după destinație, • după structura sistemului de lucru, • după numărul și poziția arborilor principali; • după forma și dimensiunile mesei; • după traiectoria mișcării de avans.

◆ **Mașinile de frezat cu consolă** formează categoria de bază a mașinilor de frezat și au drept caracteristică definitorie *consola* care susține masa de lucru (fig. 8.1).

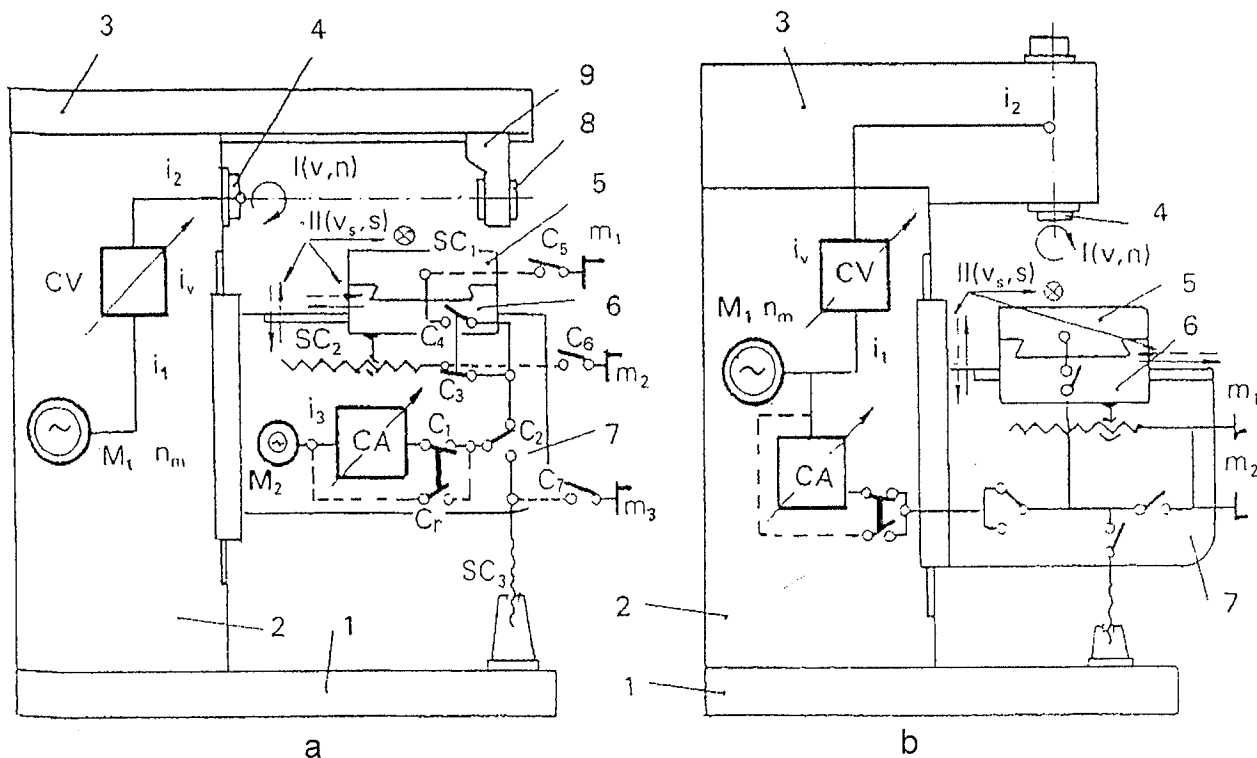
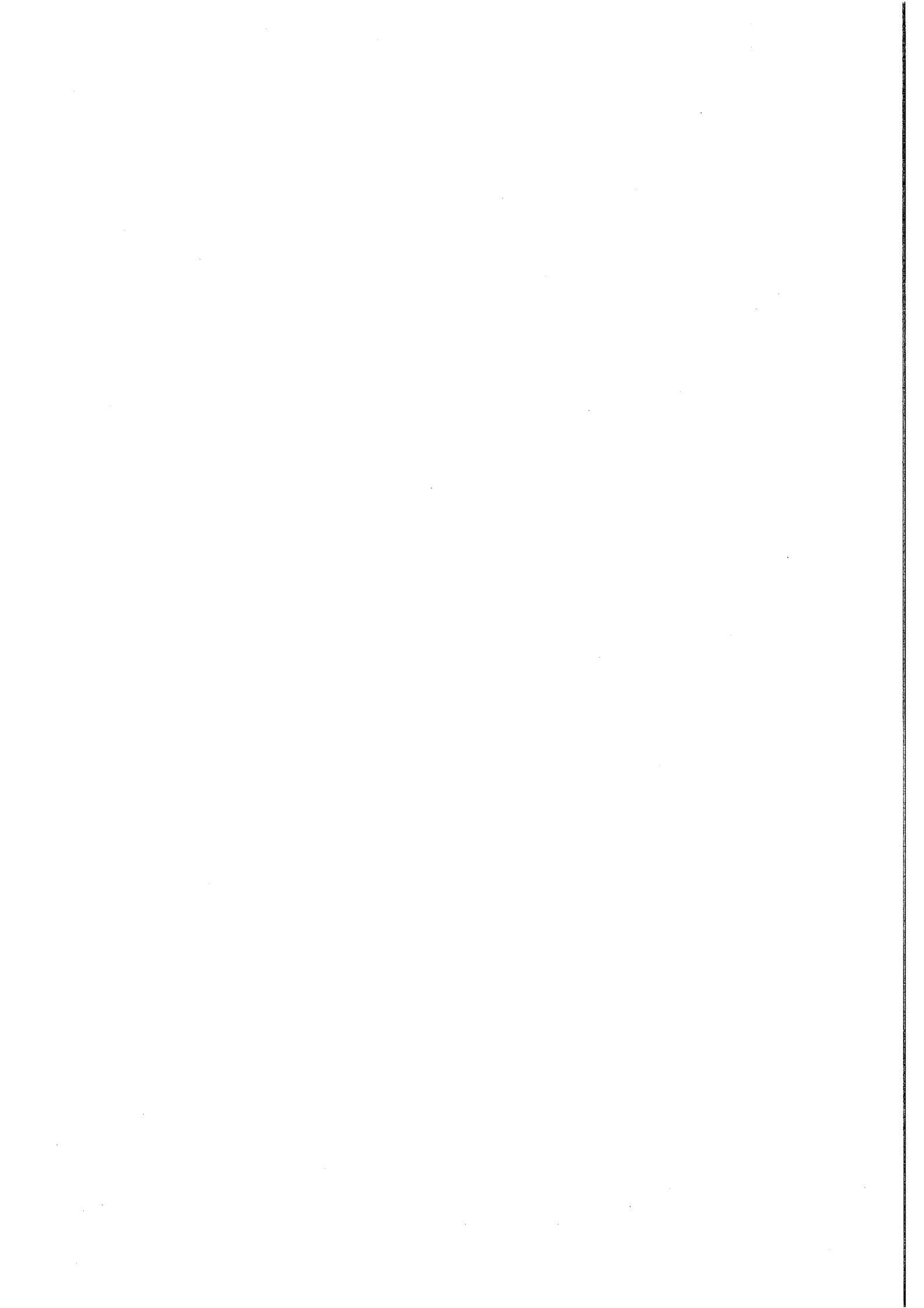


Fig. 8.1. Structura cinematică a mașinii de frezat orizontală (a) și verticală (b)

Datorită acestui sistem de rezemare a mesei – care asigură o rigiditate limitată, mașinile de frezat cu consolă sunt destinate pentru prelucrarea pieselor de dimensiuni mici și mijlocii,



dar care necesită o gamă largă de operații. După poziția arborelui principal, aceste mașini pot fi *orizontale* (fig. 8.1, a), *verticale* (fig. 8.1, b) și *universale*.

Pentru mașinile de frezat orizontale, prevăzute cu posibilitatea de poziționare unghiulară a mesei și dotate cu numeroase accesorii (cap vertical pentru frezare, cap pentru mortezare, cap pentru rectificare, cap divizor etc.) s-a adoptat denumirea de *mașini de frezat universale*. La toate tipurile de mașini de frezat cu consolă, subansamblurile mașinii sunt în mare parte asemănătoare.

Ținând seama de această clasificare, mașinile de frezat cu consolă fabricate în țara noastră se simbolizează prin inițialele respective: FO, FV, FU. Numerele incluse în simbol se referă la dimensiunile mesei; spre exemplu, simbolul FU 32 x 132 reprezintă o mașină de frezat universală cu masa de 320 mm lățime (și 1320 mm lungime). Pentru unele mașini verticale, simbolul indică și felul capului de frezat: FV 36 x 140 CF – mașină de frezat verticală cu cap fix; FV 36 x 140 CR – mașină de frezat verticală cu cap rotativ. Mașinile de frezat universale pentru sculărie conțin în simbol inițiala S, de exemplu FUS 25 (250 mm este lățimea mesei).

1.1. Construcția mașinii de frezat cu consolă

◆ **Mașina de frezat orizontală (FO)** (v. fig. 8.1, a) se compune din placa de bază 1, pe care este așezat montantul/corpul mașinii 2. Pe partea din față a montantului sunt prevăzute ghidaje verticale în coadă de rândunică, în lungul cărora se deplasează consola 7. Acționarea consolei pentru deplasarea verticală se face prin intermediul șurubului conducător SC_3 , acționat de motorul M_2 sau manual – de la manivela m_3 .

Pe consolă sunt prevăzute niște ghidaje orizontale în lungul cărora se deplasează sania transversală 6, iar pe aceasta din urmă se deplasează, pe direcție longitudinală, masa de lucru 5. Prin ghidajele verticale de pe montant și cele două perechi de ghidaje în cruce de pe consolă și de pe sania transversală, se asigură mesei de lucru mișcări în trei direcții perpendiculare. Mișcarea principală de așchiere $I(v,n)$ este executată de scula așchietoare montată pe un dorn. Dornul portfreză este montat pe axul principal 4 (prevăzut cu un con interior) și sprijinit suplimentar la celălalt capăt pe un lagăr 8 montat în suportul 9, reglabil pe ghidajul brațului pentru rigidizare 3.

◆ **Mașina de frezat verticală (FV)** (v. fig. 8.1, b) are structura asemănătoare cu mașina de frezat orizontală, atât din punct de vedere constructiv cât și din punct de vedere cinematic. Deosebirea dintre ele constă doar în modul de orientare a axului principal (pe verticală în ultimul caz), ceea ce a condus la modificarea părții superioare a batiului sub forma capului de frezare 3, în vederea montării arborelui port-sculă 4.

◆ **Mașina de frezat universală (FU)** este asemănătoare cu cea orizontală, însă are posibilitatea efectuării unor mișcări suplimentare de reglare, în vederea efectuării de operații mai complexe de generare, cum sunt: frezarea canalelor elicoidale, a danturilor cilindrice înclinate și conice, a elicelor plane etc. Acest tip de mașină este destinat frezării cu freze cilindrice, disc, unghiulare, frontale și profilate, atât în producția individuală, cât și în producția de serie.

În categoria mașinilor de frezat universale intră și modelul românesc FU 32 prezentat în figura 8.2. Spre deosebire de mașina de frezat orizontală (v. fig. 8.1, a), mașina FU 32 poate utiliza și un cap de frezare vertical, înclinabil într-un plan vertical, iar masa de lucru poate fi rotită în plan orizontal. În acest scop, ghidajul longitudinal nu mai este practicat direct pe sania transversală 7, ci pe o piesă intermediară – placa pivotantă 13, care permite reglarea poziției ghidajului longitudinal al mesei 8 cu un unghi maxim de $\pm 22^\circ$ (cu mișcarea de reglare V în fig. 8.2). Masa 8 se poate deplasa în ciclu semiautomat și automat.

Pentru a reduce timpii auxiliari de reglare și a ușura deservirea, mașina este prevăzută cu:

- dublarea comenzilor;
- pornirea și oprirea axului principal și cuplarea deplasării rapide a mesei prin butoane;
- schimbarea vitezelor și avansurilor cu ajutorul mecanismelor de selectare, care permit cuplarea oricărei viteze sau avans fără a trece prin treptele intermediare;
- frânarea axului principal prin contracurent, cu folosirea releului de control al vitezei.

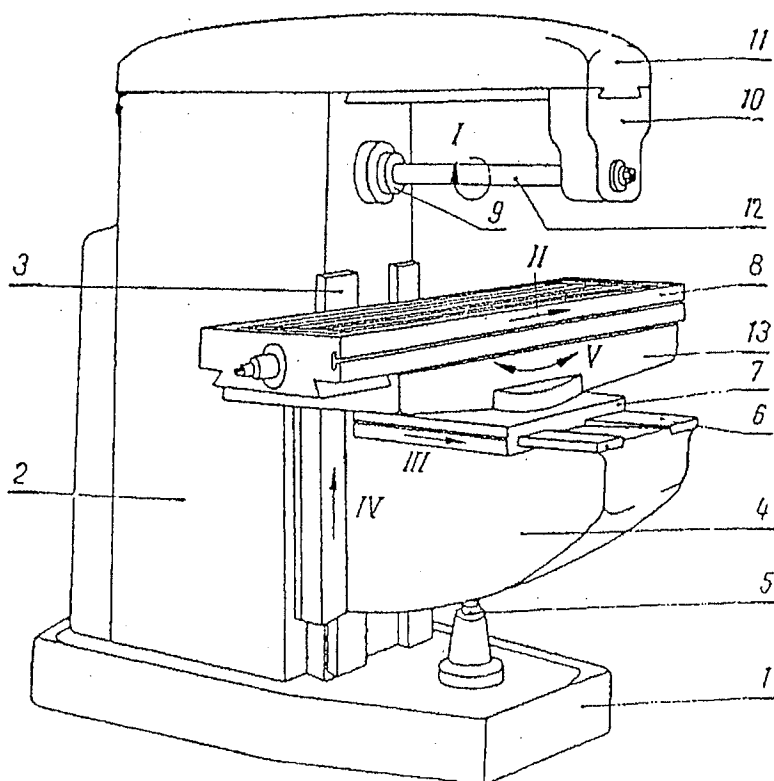


Fig. 8.2. Elementele constructive ale mașinii de frezat universale FU 32

1.2. Cinematica mașinii de frezat FU 32

Corespunzător structurii cinematice prezentate în figura 8.1,a, mașina FU 32 se caracterizează prin acționarea independentă a lanțului cinematic principal (de la motorul M_1) și a lanțurilor cinematice de avans (de la motorul M_2). Ținând seama de varietatea operațiilor executate, diversitatea de forme și dimensiuni de scule utilizate – din diferite materiale așchietoare, precum și gama largă de materiale prelucrate, se impune reglarea într-un interval relativ mare a turației arborelui principal, în vederea obținerii unei viteze de lucru cât mai apropiată de viteza optimă, tehnologică. În același timp trebuie realizată și reglarea vitezei de avans, pentru obținerea avansului pe rotație (sau pe dinte) impus. În acest sens, lanțul cinematic principal are în structură o cutie de viteze CV , iar lanțurile cinematice de avans au cutia de avansuri CA comună. Cele trei lanțuri cinematice de avans de lucru au, ca mecanisme finale de transformare a mișcării de rotație în mișcare rectilinie continuă, mecanisme de tip șurub-piuliță, șuruburile conducătoare $SC_1 \div SC_3$ primind mișcarea de la cutia de avansuri CA (pentru avansul de lucru mecanic, ori avansul rapid) sau de la roțile de mână $m_1 \div m_3$ (în vederea reglajului manual).

◆ **Acționarea axului principal** se face de la motorul M_1 (fig. 8.3), cu turația teoretică de 1500 rot/min (practic 1460 rot/min), de tip flanșat, prin intermediul unei cutii de viteze CV cu formula structurală $18 = 3_1 \times 3_3 \times 2_9$, pentru asigurarea a 18 turații cuprinse în intervalul 30 ÷ 1500 rot/min și aflate într-o progresie geometrică cu rația $\varphi = 1,26$.

Turația de ordinul j a arborelui principal (v. fig. 8.1,a) depinde de turația n'_0 a motorului principal de acționare M_1 , de produsul rapoartelor de transfer constante i_1 – înainte de cutia de viteze și i_2 – după cutia de viteze și de raportul i_v (reglabil), realizat prin cutia de

- dublarea comenzilor;
- pornirea și oprirea axului principal și cuplarea deplasării rapide a mesei prin butoane;
- schimbarea vitezelor și avansurilor cu ajutorul mecanismelor de selectare, care permit cuplarea oricărei viteze sau avans fără a trece prin treptele intermediare;
- frânarea axului principal prin contracurent, cu folosirea releului de control al vitezei.

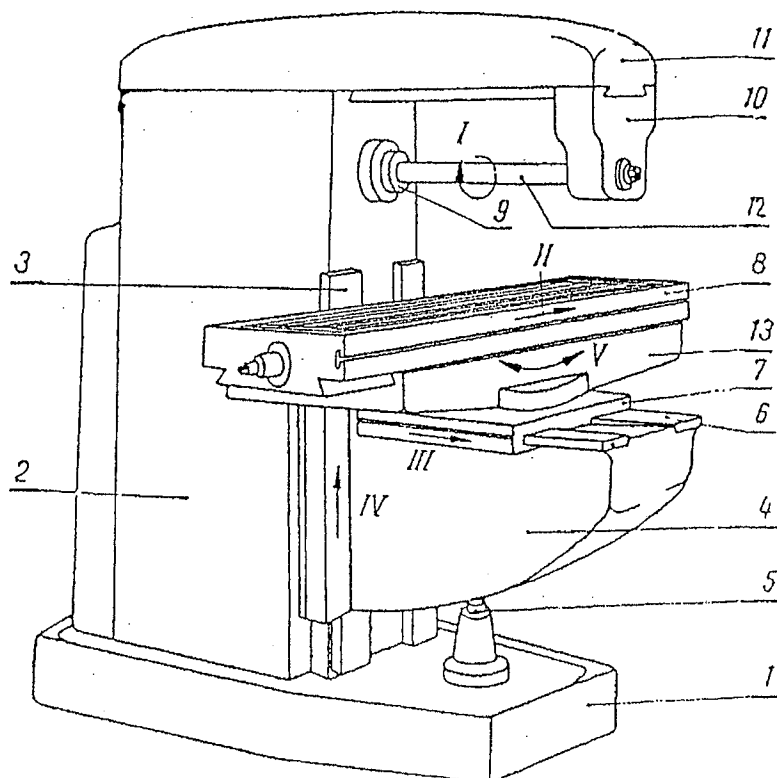


Fig. 8.2. Elementele constructive ale mașinii de frezat universale FU 32

1.2. Cinematica mașinii de frezat FU 32

Corespunzător structurii cinematice prezentate în figura 8.1,a, mașina FU 32 se caracterizează prin acționarea independentă a lanțului cinematic principal (de la motorul M_1) și a lanțurilor cinematice de avans (de la motorul M_2). Ținând seama de varietatea operațiilor executate, diversitatea de forme și dimensiuni de scule utilizate – din diferite materiale așchietoare, precum și gama largă de materiale prelucrate, se impune reglarea într-un interval relativ mare a turației arborelui principal, în vederea obținerii unei viteze de lucru cât mai apropiată de viteza optimă, tehnologică. În același timp trebuie realizată și reglarea vitezei de avans, pentru obținerea avansului pe rotație (sau pe dinte) impus. În acest sens, lanțul cinematic principal are în structură o cutie de viteze CV , iar lanțurile cinematice de avans au cutia de avansuri CA comună. Cele trei lanțuri cinematice de avans de lucru au, ca mecanisme finale de transformare a mișcării de rotație în mișcare rectilinie continuă, mecanisme de tip șurub-piuliță, șuruburile conducătoare $SC_1 \div SC_3$ primind mișcarea de la cutia de avansuri CA (pentru avansul de lucru mecanic, ori avansul rapid) sau de la roțile de mână $m_1 \div m_3$ (în vederea reglajului manual).

◆ **Acționarea axului principal** se face de la motorul M_1 (fig. 8.3), cu turația teoretică de 1500 rot/min (practic 1460 rot/min), de tip flanșat, prin intermediul unei cutii de viteze CV cu formula structurală $18 = 3_1 \times 3_3 \times 2_9$, pentru asigurarea a 18 turații cuprinse în intervalul 30 ÷ 1500 rot/min și aflate într-o progresie geometrică cu rația $\varphi = 1,26$.

Turația de ordinul j a arborelui principal (v. fig. 8.1,a) depinde de turația n'_0 a motorului principal de acționare M_1 , de produsul rapoartelor de transfer constante i_1 – înainte de cutia de viteze și i_2 – după cutia de viteze și de raportul i_v (reglabil), realizat prin cutia de

viteze:

$$n_j = n'_0 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot i_v, \quad [\text{rot/min}] \quad (8.1)$$

Pentru mașina de frezat FU 32, raportele i_1 și i_2 sunt egale cu unitatea.

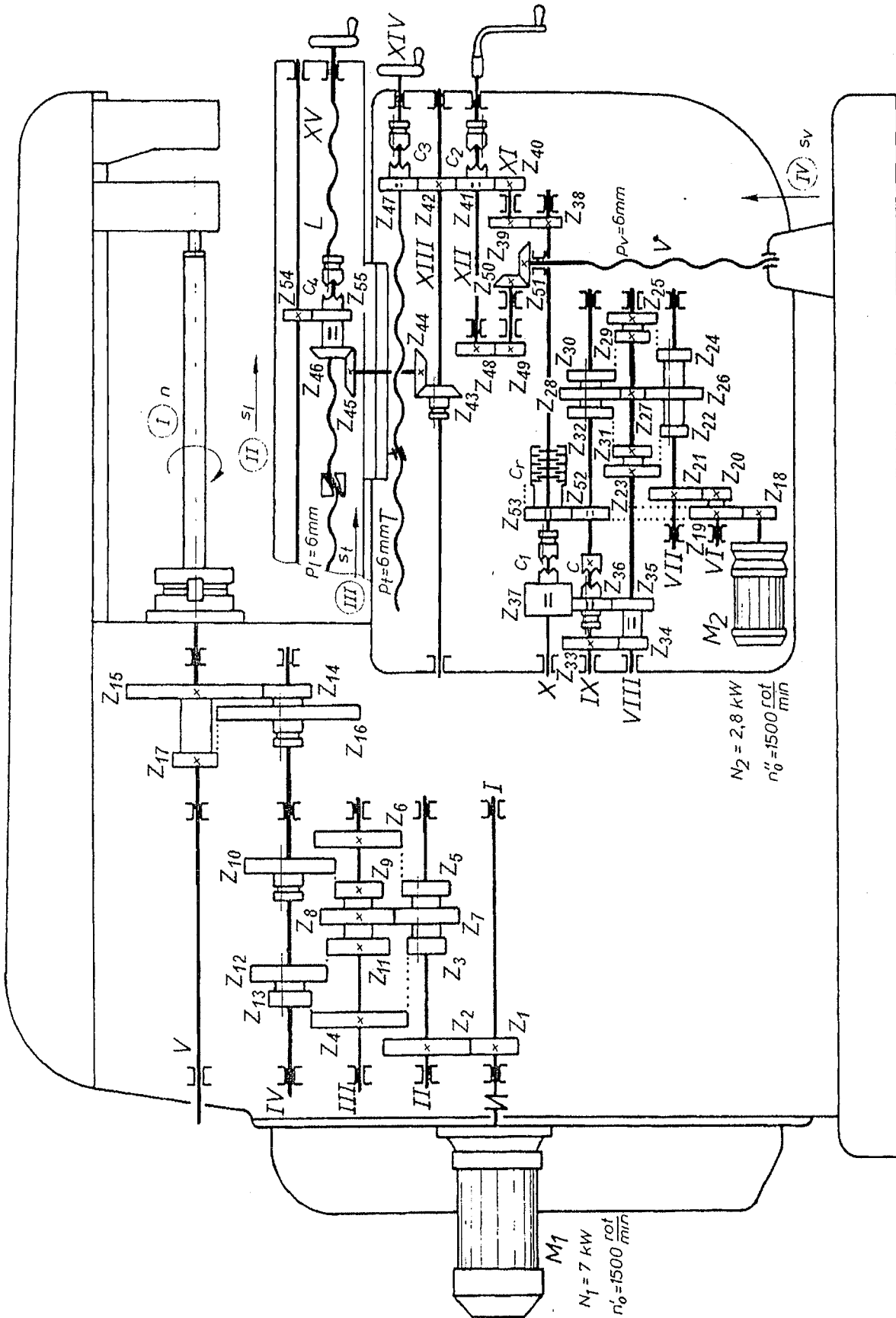


Fig. 8.3. Schema cinematică a mașinii de frezat FU 32

◆ Pentru realizarea mișcării de avans pe cele trei direcții, mișcarea primită de la motorul independent M_2 este transmisă printr-o serie de angrenaje cu raport constant i_3 (v. fig. 8.1,a)

la cutia de avansuri CA (plasată în interiorul consolei) cu structura cinematică $18 = 3_3 \times 3_1 \times (2_9)$. Prin posibilitățile de comutare ale blocurilor baladoare (v. fig. 8.3) și ale mecanismului cu intermediară $z_{33}/z_{34} - z_{35}/z_{36}$ se obțin 18 trepte de avans în progresie geometrică cu rația 1,26 (în sens longitudinal și transversal viteza de avans este în limitele 19 și 950 mm/min).

Urmărind în paralel schema cinematică structurală (v. fig. 8.1,a) și schema cinematică a mașinii FU 32 (v. fig. 8.3) se observă rolul cuplajelor:

- ♦ la închiderea cuplajului C_1 (cuplajul C_r se deschide) mișcarea, reglată prin cutia de avansuri CA, ajunge de la axul X, la nivelul arborelui XII, de la care, prin închiderea cuplajului C_2 , se transmite efectiv mișcarea la axul XII și se obține avansul vertical al consolei – prin antrenarea șurubului conducător SC_3 (șurubul V în fig. 8.3).

Mișcarea de la roata liberă z_{41} de pe axul XII se transmite în continuare la axul XIII.

- ♦ de la axul XIII, mișcarea se transmite prin angrenajul z_{42}/z_{47} la nivelul șurubului conducător SC_2 (șurubul T din prelungirea axului XIV în fig. 8.3) și-l antrenează, pentru poziția închisă a cuplajului C_3 ; se obține avansul transversal mecanic.

- ♦ de la axul XIII mișcarea se transmite prin angrenajele conice z_{43}/z_{44} și z_{45}/z_{46} și, dacă este închis cuplajul C_4 , mișcarea ajunge la șurubul de avans longitudinal SC_1 (șurubul L de pe axul XV în fig. 8.3); se realizează avansul mecanic în direcție longitudinală.

- ♦ cuplajele C_5 , C_6 și C_7 (v. fig. 8.1,a) permit legătura directă a roților de mână $m_1 \div m_3$ la șuruburile de avans $SC_1 \div SC_3$.

Numerele de dinți ale roților și modului lor sunt centralizate în tabelul 8.1.

Tab. 8.1.

nr.ordine	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀	Z ₁₁	Z ₁₂	Z ₁₃	Z ₁₄	Z ₁₅	Z ₁₆	Z ₁₇	Z ₁₈	Z ₁₉
nr.dinți	26	54	16	39	19	36	22	33	18	47	28	37	26	19	71	82	38	26	44
modul	3		4										3		2				
nr.ordine	Z ₂₀	Z ₂₁	Z ₂₂	Z ₂₃	Z ₂₄	Z ₂₅	Z ₂₆	Z ₂₇	Z ₂₈	Z ₂₉	Z ₃₀	Z ₃₁	Z ₃₂	Z ₃₃	Z ₃₄	Z ₃₅	Z ₃₆	Z ₃₇	Z ₃₈
nr.dinți	20	68	18	36	27	27	36	18	40	21	27	24	34	13	45	18	40	40	28
modul	2		2,5																
nr.ordine	Z ₃₉	Z ₄₀	Z ₄₁	Z ₄₂	Z ₄₃	Z ₄₄	Z ₄₅	Z ₄₆	Z ₄₇	Z ₄₈	Z ₄₉	Z ₅₀	Z ₅₁	Z ₅₂	Z ₅₃	Z ₅₄	Z ₅₅		
nr.dinți	35	18	33	37	18	16	18	18	33	22	33	22	44	57	43	15	30		
modul	2,5		3									4		2		3			

Conform notațiilor din figura 8.3, pentru lanțul cinematic principal al mașinii de frezat FU1 schema fluxului cinematic se prezintă în figura 8.4.

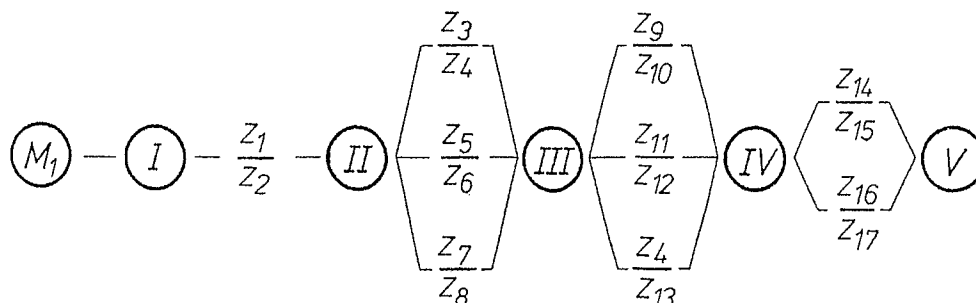


Fig. 8.4. Schema fluxului cinematic principal la mașina de frezat FU1

2. Accesoriile mașinii de frezat

Accesoriile mașinii de frezat se împart în două categorii:

- ♦ *accesorii universale*, care echipează orice mașină de frezat cu consolă.

- Ele cuprind:
- dispozitivele divizoare;
 - capul de frezat universal (la mașinile de sculărie);
 - capul de frezat vertical;
 - dispozitivele universale pentru prinderea semifabricatului;
- ♦ *accesorii speciale*:
- capul de mortezat;
 - capul pentru rectificarea unor suprafețe;
 - masa/platoul circular divizor etc.

2.1. Capul divizor

Capul divizor este un dispozitiv cu ajutorul căruia se pot imprima unei piese rotiri fracționare repetate, egale sau neegale, cu o precizie ridicată.

Operațiile tipice executate pe mașinile de frezat cu ajutorul capului divizor, sunt:

- frezarea danturilor roților dințate;
- frezarea canalelor elicoidale;
- tăierea dinților la cuplaje;
- frezarea laturilor unei piese cu profil poligonal;
- frezarea danturii cremalierelor.

Capul divizor universal cu discuri (fig. 8.5) are ca element principal un angrenaj melc-roată melcată 1-2, montat în interiorul unei carcase 3. Roata melcată 2 este montată rigid pe un ax 4, numit *ax de divizare*, pe capătul căruia se fixează semifabricatul de divizat. Pentru aceasta se poate utiliza alezajul conic din capătul axului (în care se centrează un vârf 5 sau un dorn) sau filetul exterior 6, în care se montează un dispozitiv universal autocentrant (mandrină) de prindere cu bacuri (nereprezentat în figură). În concluzie, semifabricatul poate fi fixat în dispozitivul universal de prindere – caz în care axa acestuia poate fi și înclinată în plan vertical, ori între vârfuri, vârful suplimentar 7 aparținând păpușii mobile 8 și fiind poziționat (prin canalele în *T* ale mesei mașinii-unelte) în lungul axului de divizare (pentru poziția orizontală a acestuia).

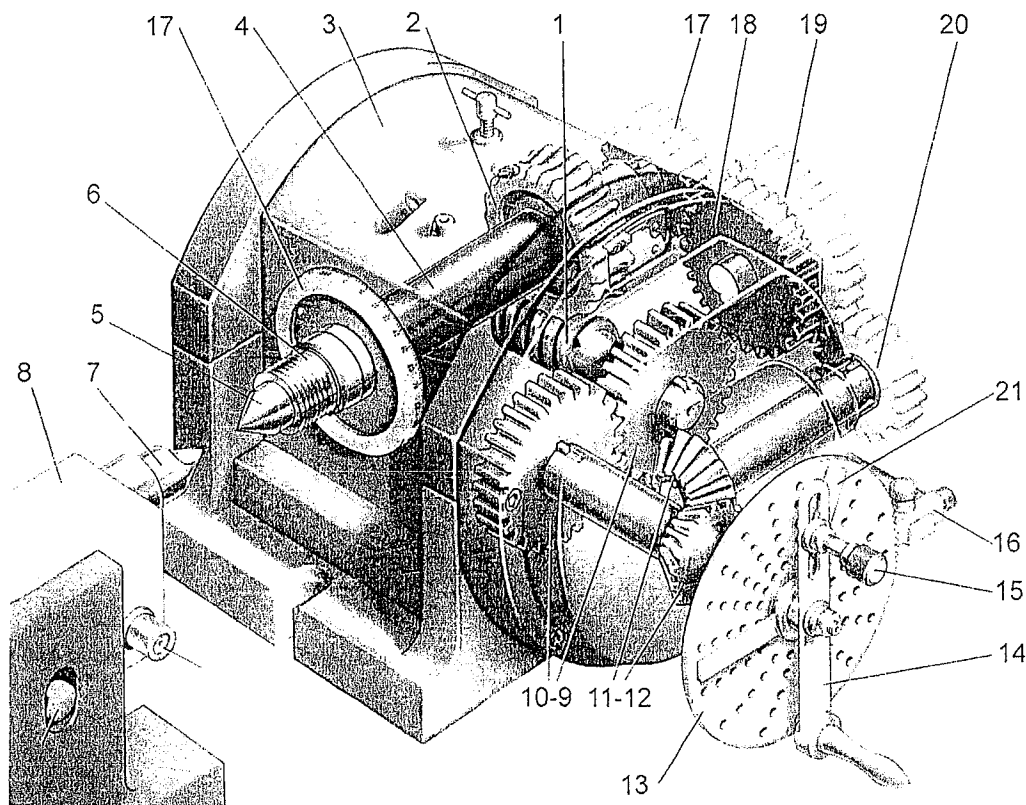


Fig. 8.5. Elementele constructive ale capului divizor universal cu discuri

În interiorul carcasei 3 se mai găsesc un angrenaj cilindric 9-10 și unul conic 11-12, iar la exterior un disc 13, numit *disc divizor* și o manivelă 14, pe brațul căreia este montat un indexor mobil 15. Pe discul divizor 13 sunt practicate găuri echidistante, dispuse, în număr diferit, pe cercuri concentrice. Unele construcții de capete divizoare au discul 13 de grosime mai mare, găurile nestrăpunse și ambele fețe active; cercurile concentrice, practicate pe ambele fețe, acoperă o gamă de numere cuprinsă între 24 și 66 de găuri. Alte construcții prezintă seturi de 3 discuri divizoare, mai subțiri și cu găuri străpunse (cu o singură suprafață

activă). Discul divizor 13 (pe exteriorul carcasei) și roata dințată conică 12 (la interior) sunt montate rigid pe un manșon, ce se poate roti independent de manivela 14 – fixată pe axul roții cilindrice 10. În anumite cazuri discul 13 poate fi blocat la rotire cu ajutorul unui opritor (cui fixator) lateral 16. În afara discului divizor 13, la împărțirea piesei se poate utiliza și un alt disc 17, montat rigid pe axul de divizare 4.

Pe exteriorul capului divizor poate fi montată o liră cu 4 roți de schimb 17-18-19-20, care preia mișcarea de la axul de divizare și o transmite la axul roții conice 8.

Operația de divizare constă, în principiu, în rotirea repetată a semifabricatului, cu un unghi constant și precis, prin deplasarea relativă disc divizor – indexor, cu un număr constant de pași unghiulari.

În funcție de numărul Z de împărțit sau pasul unghiular impus, precum și de montajul folosit, sunt posibile trei metode de divizare cu capul divizor universal cu discuri:

- divizarea directă; • divizarea indirectă simplă; • divizarea indirectă diferențială.

◆ **Împărțirea directă** are aplicabilitate restrânsă, datorită domeniului limitat de numere ce pot fi divizate, datorită preciziei scăzute și dificultății de schimbare a discurilor.

◆ **Divizarea indirectă** se realizează prin intermediul angrenajului melcat 1-2 (v. fig. 8.5), prin care se transmite semifabricatului mișcarea de rotație de la manivela 14, iar pentru împărțire va fi utilizat discul divizor principal 13. În funcție de numărul Z de împărțit, discul divizor 13 poate fi fix sau mobil.

◆ **Divizarea indirectă simplă** (fig. 8.6) constă în utilizarea unui disc divizor D , blocat de carcasa prin intermediul unui cui lateral OP și a unui cui indexor I mobil, plasat pe manivela M . La rotirea intermitentă a manivelei M (elementul conducător al lanțului cinematic de divizare) în fața discului fix D , indexorul I efectuează un număr de A pași unghiulari (calculat) pe un cerc cu B găuri (adoptat) de pe disc¹. Mișcarea manivelei M este transmisă axului de divizare A_1 și semifabricatului (ca element condus) prin intermediul angrenajului cilindric $z_1 - z_2$ (cu raportul de transfer $i_{cil} = 1$) și a angrenajului melcat $k - z_m$ (cu raportul de transfer $i_{melc} = k / z_m = 1/40$)².

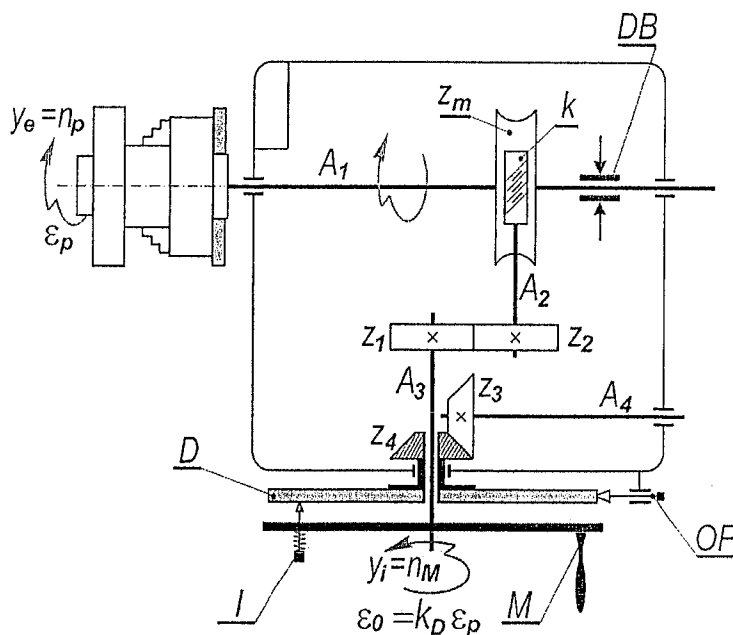


Fig. 8.6. Schema montajului capului divizor pentru divizarea indirectă simplă

Prin urmare, pentru împărțirea intermitentă a unei piese în Z părți (operație efectuată între două prelucrări succesive), manivela M trebuie rotită cu turația $n_M = y_i$ (ca mărime de

¹ Discul divizor D prezintă 2 suprafețe active, astfel că numărul de găuri dispuse circular este:

- fața 1: 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43;
- fața 2: 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62, 66.

² k este numărul de începuturi al șurubului melc (în mod frecvent 1), iar z_m este numărul de dinți ai roții melcate. Inversul raportului i_{melc} reprezintă o caracteristică a mecanismului, numită *constantă capului divizor* K_D . În mod frecvent, pentru capetele divizoare, $K_D = 40$, în timp ce platourile sau mesele divizoare au constanta egală cu 80 sau 120.

intrare în lanțul cinematic de divizare), *ecuația de reglare* fiind de forma:

$$n_M = \frac{K_D}{Z} = \frac{A}{B} \quad (8.2)$$

În mod practic, pentru un Z impus, se adoptă B din șirul de numere de pe discul D – ca multiplu al numărului Z (eventual după simplificările posibile cu numărătorul K_D), iar numărul de pași unghiulari A rezultă prin rezolvarea ecuației de reglare (8.2).

În cazul în care $A > B$, se scoate întregul din fracție, iar n_M se rezolvă printr-un număr N de rotații complete ale manivelei și, în plus, A' pași unghiulari pe cercul cu B găuri, conform cu relația (8.3):

$$n_M = \frac{K_D}{Z} = N + \frac{A'}{B}, \quad \text{unde } A = A' + N \cdot B \quad (8.3)$$

Există însă situații în care nu poate fi efectuată divizarea indirectă, deoarece pentru numărul Z impus nu se regăsesc submultipli în șirul de găuri B de pe discul D . În acest caz se apelează la *divizarea indirectă diferențială*³.

2.2. Masa divizoare

Masa divizoare rotativă (fig. 8.7) poate fi antrenată manual sau mecanic și servește la frezarea suprafețelor ce necesită avansul circular, precum și la divizarea pieselor care nu pot fi prelucrate cu ajutorul capului divizor.

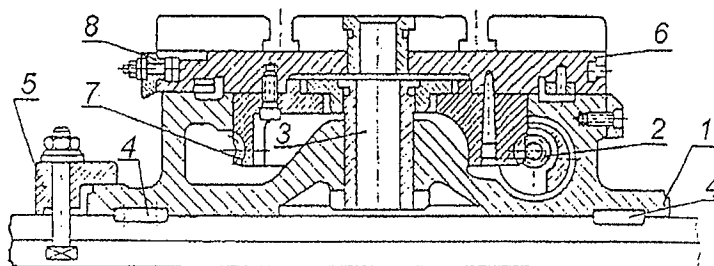


Fig. 8.7. Masa divizoare rotativă

Corpul (placa de bază) 1 în care se află montat (în poziție laterală) șurubul melc 2 și pivotul central 3 se poziționează pe masa mașinii de frezat prin intermediul unor pene 4 și se fixează cu ajutorul unor bride 5. Masa 6 are practicate canale în T (dispuse circular și radial) pentru fixarea piesei prin intermediul bridelor. Ea se sprijină pe corpul 1 și este rotită de roata melcată 7, în angrenare cu șurubul melc 2. Pe partea laterală a mesei sunt prevăzute gradații și un canal pentru fixarea unor limitatoare 8.

3. Sisteme de poziționare-fixare a sculelor și a semifabricatelor

3.1. Fixarea și antrenarea sculelor

♦ *La mașinile de frezat orizontale* freza cu alezaj se montează pe un dorn portfreză orizontal 1 (fig. 8.8), de lungime mare – centrat prin coada conică 2 în conul interior al axul principal 3 al mașinii. Fixarea dornului se face prin tragere pe con cu un tirant central 6. Capătul liber al dornului se montează într-un lagăr suplimentar din suportul 4 de pe brațul-suport 5. Sprijinirea suplimentară pe lagărul din suportul 4 este obligatorie mai ales în cazurile în care distanța dintre freză și axul principal al mașinii este mare sau când regimurile de așchiere sunt intense. Distanța de la sculă la conul de fixare al dornului se stabilește prin adăugarea unor bușe distanțier 7. Preluarea momentului de rotație de la dornul port-freză la arborele principal se realizează prin penele frontale 8, iar transmiterea momentului de la dorn la scula așchietoare se face prin pene frontale sau printr-o pană longitudinală 9, în funcție de tipul constructiv al frezei.

♦ *Frezele frontale* (utilizate în special pe mașinile de frezat cu cap vertical) se fixează direct pe axul principal, ori prin intermediul unui dorn port-freză scurt.

³ Pentru evitarea sindromului *burnout* în rândul cititorilor, metoda de divizare *indirectă diferențială* nu este abordată în prezenta lucrare.

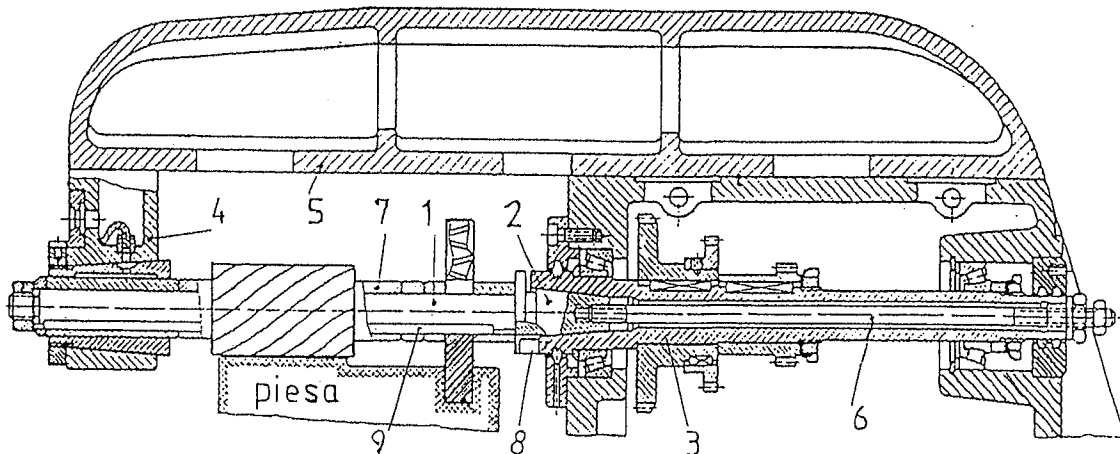


Fig. 8.8. Montarea frezelor cu alezaj pe dornul port-freză

- Frezele frontale de diametru mic sunt monobloc cu conul de prindere, iar fixarea acestora pe arborele principal al mașinii-unelte se face printr-un tirant central. Momentul este preluat cu ajutorul a două pene frontale (fixate cu șurub în canale pe partea frontală a capătului arborelui principal); jumătate din înălțimea penelor intră în canalul de pe arborele principal, iar jumătate intră în canalul frontal de pe corpul frezei.

- Frezele frontale de diametru mai mare (fig. 8.9) prezintă alezaj de centrare și canale frontale pentru antrenare.

Montarea directă a acestora (fig. 8.9, a) presupune centrarea lor pe suprafața cilindrică a dornului 1, fixat anterior pe conul arborelui principal 2 prin tirantul 3 și strângerea corpului 4 al sculei cu șuruburile frontale 5. Antrenarea în mișcare de rotație este asigurată de penele frontale 6.

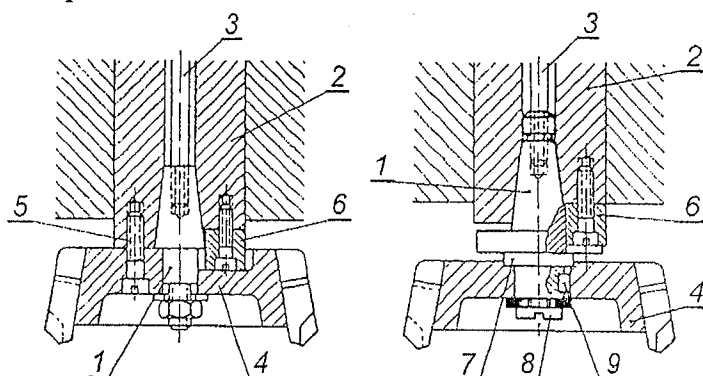


Fig. 8.9. Montarea frezelor frontale cu alezaj pe arborele principal: (a) – fixare directă; (b) – fixare indirectă

Fixarea indirectă a frezelor frontale (fig. 8.9, b) se face prin intermediul unui dorn port-freză 1, fixat prin tirantul 3 și antrenat în mișcare de rotație prin penele frontale 6. Freza 4 este centrată pe dornul 1 prin gulerul cilindric 7, este fixată printr-un șurub special 8 și antrenată printr-o pană longitudinală 9.

3.2. Modalități de fixarea a semifabricatelor

Fixarea piesei supuse prelucrării pe mașina de frezat se poate face direct pe masă, ori prin intermediul unor dispozitive universale sau speciale.

- ♦ *Fixarea directă* a piesei pe masa mașinii are în vedere poziționarea acesteia cu știfturi sau pene (montate în canalele T) și strângerea cu bride și șuruburi (speciale pentru canale T). În partea opusă contactului cu semifabricatul, bridele se sprijină pe suportți speciali (fig. 8.10).

- ♦ *Fixarea indirectă* a semifabricatului presupune utilizarea unui dispozitiv de fixare, care este centrat (prin pene longitudinale) și blocat pe masa mașinii.

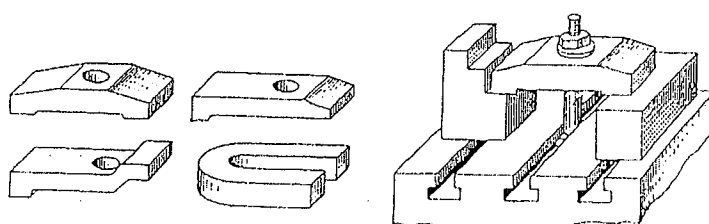


Fig. 8.10. Sistemul de fixare a semifabricatului cu bride

Dispozitivele pentru fixarea

indirectă sunt grupate în *dispozitive obișnuite* (menghina, mandrina, colțarul) și *dispozitive speciale*.

◆ **Menghina** este un dispozitiv de fixare indirectă, nelipsit din accesoriile unei mașini de frezat (fig. 8.11). Menghinile pot fi fixe (fig. 8.11, a) și orientabile (înclinabile) într-un plan (fig. 8.11, b) sau în două plane perpendiculare. Pot fi cu strângere manuală, pneumatică, hidraulică sau hidro-pneumatică.

◆ **Colțarul** fix (fig. 8.12,a) și cel rabatabil (fig. 8.12,b) permit fixarea piesei pe una dintre laturi cu ajutorul bridelor cu șurub. Cealaltă latură a colțarului se poziționează pe masa mașinii prin pene și se fixează cu ajutorul șuruburilor cu cap în T.

Unele mașini de frezat sunt echipate cu **mese circulare** (fig. 8.13), care pot fi fixe (fig. 8.13, a) sau rotative (fig. 8.13, b).

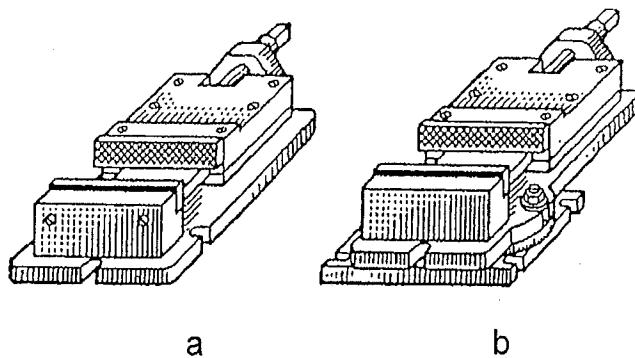


Fig. 8.11. Menghina fixă (a) și menghina orientabilă în plan orizontal (b)

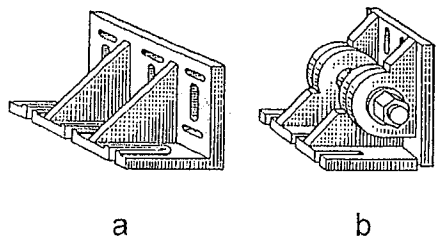


Fig. 8.12. Colțar fix (a) și rabatabil (b)

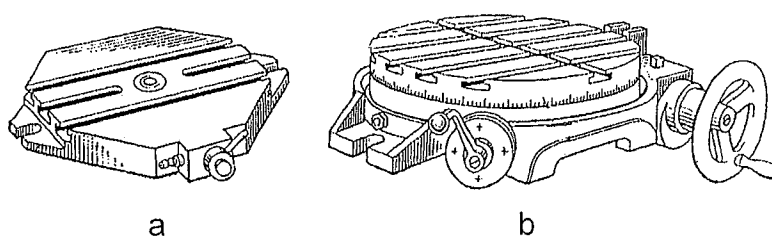


Fig. 8.13. Mese circulare: (a) –rigide; (b) – rotative-

MAȘINA UNEALTĂ CU COMANDĂ NUMERICĂ CNC

1. Ce este tehnologia CNC (*Computer Numerically Controlled*)?

Masina unealtă cu comandă numerică este înainte de toate o mașină unealtă clasica alcătuită din masina unealtă clasica și echipamentul de comandă numerică (CNC). Cea mai importantă funcție a oricărei mașini CNC este controlul precis și riguros al mișcării sculei în raport cu piesa sau a piesei în raport cu scula, acest lucru este posibil datorită mișcării controlate a axelor.

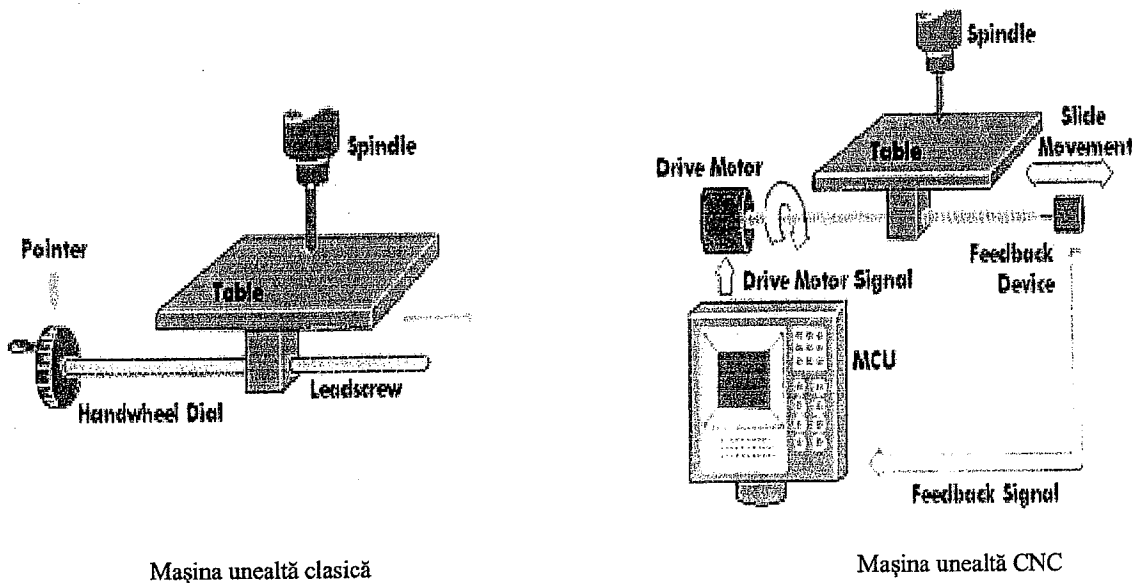
Mișcările mașinii trebuie să conducă o sculă tăietoare:

- pe un anumit traseu;
- cu o viteză precisă de rotație a sculei
- cu o viteză precisă de înaintare a sculei.

CNC este abrevierea de la "Computer Numerically Controlled" (Control Numeric cu Computer).

Denumirea CNC se referă întotdeauna la modul de operare a unei mașini, adică, la metoda de bază pentru controlul mișcărilor, și nu spune nimic despre tipul mașinii: freză, strung, etc. O mașină CNC face uz de matematică și de diverse sisteme de coordonate pentru a înțelege și procesa informația care o primește, pentru a determina ce trebuie să miște, unde și cât de repede.

Toate echipamentele CNC au două sau mai multe direcții de mișcare, numite axe. Aceste axe pot fi mișcate și poziționate precis, de-a lungul intervalului de deplasare. Cele mai cunoscute tipuri de axe sunt cele liniare și de rotație (mișcare curbilinie). În loc de a produce aceste mișcări prin utilizarea de manivele și discuri, așa cum necesită mașinile clasice de prelucrare prin așchiere, mașinile CNC sunt acționate de servomotoare controlate prin computer și ghidate de un program memorat. În general, tipul de mișcare (rapid, liniar, circular), axele care se mișcă, distanțele de mișcare și vitezele de mișcare (de prelucrare) sunt programabile la majoritatea mașinilor CNC. În fig. 1 se arată diferențele dintre o mașină-unealtă clasică și una controlată CNC.



Mașina unealtă clasică

Mașina unealtă CNC

Fig. 1.

Marea majoritate a mașinilor CNC sunt capabile să se miște în 3 direcții simultan. Aceste direcții sunt numite axele mașinii. Axele au numele coordonatelor X, Y, Z, fig. 2. De exemplu, axa X poate reprezenta mișcarea stânga – dreapta iar axa Y mișcarea față – spate. Axa Z reprezintă mișcarea verticală, sus – jos. Scula de prelucrare se deplasează, de obicei, dealungul axei Z, poziționată în arborele principal.

Masina unalta cu comanda numerica

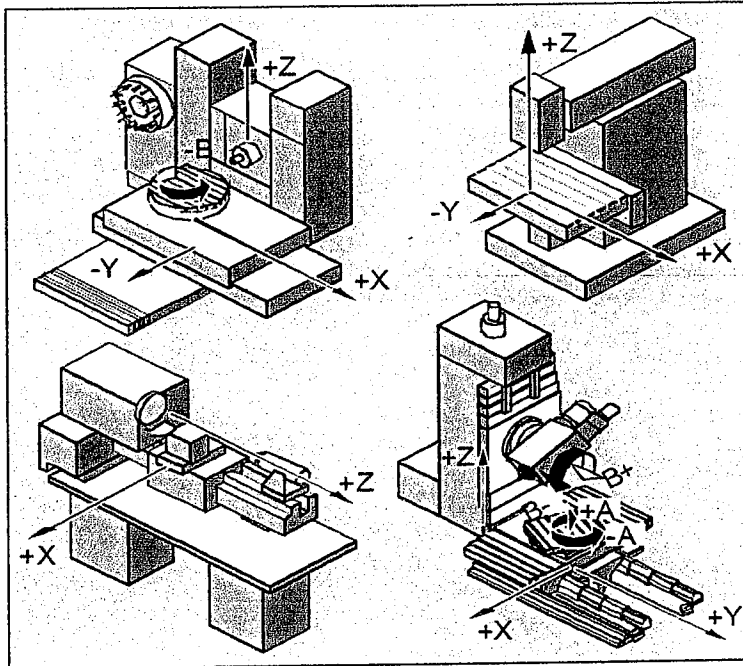


Fig. 2. Sistemele de coordonate pentru câteva tipuri de mașini unelte

Direcția axelor la MUCN cu 3,4,5 axe urmează “regula mâinii drepte” (conform DIN 66217) fig 3. Stând în fața mașinii, degetul mijlociu al mâinii drepte arată direcția de avans a arborelui principal.

Degetul mare arată direcția +X

Degetul arătător arată direcția +Y

Degetul mijlociu arată direcția +Z

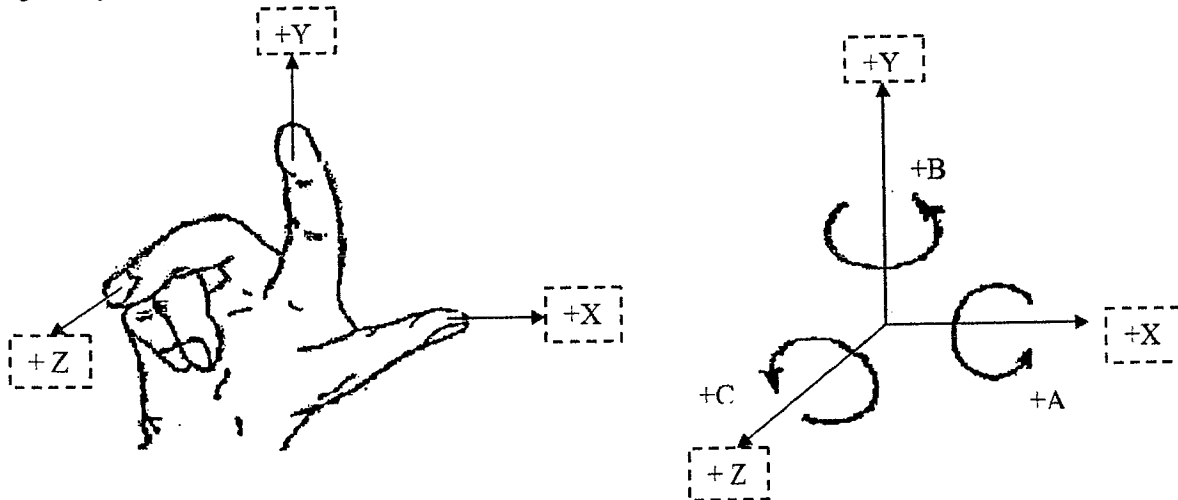


Fig. 3.

Legătura dintre axele liniare și cele de rotație este următoarea: dacă axa X se rotește, atunci se notează axa de rotație cu A, lui Y îi corespunde B, iar lui Z, axa C. Programatorul trebuie să aibă confirmarea alocării axelor și a direcțiilor (plus și minus) înainte de a realiza un program CNC.

Trebuie cunoscută corespondența între direcțiile de mișcare în spațiu real și identificarea celor trei axe în program-ul CNC. Numele axelor pot varia de la o mașină-uneltă la alta. De obicei, sunt notate cu literele: X, Y, Z, U, V, W, pentru mișcările liniare, și A, B, C, pentru axele de rotație.

Masina uncalta cu comanda numerica

2. Părțile componente ale unei mașini cu comandă numerică.

O mașină CNC este compusă din două componente majore, pe lângă aceste componente mai sunt și alte echipamente auxiliare. Prima componentă este mașina-uncață propriu-zisă care poate fi: strung, freză, mașină de găurit, de alezat, de rectificat, rabotat sau mortezat, mașină de tăiat cu jet de apă sau laser etc. A doua componentă este controller-ul pentru coordonarea mișcării sculei tăietoare. Pentru fiecare din cele două componente pot exista accesorii necesare sau opționale. De exemplu, pentru controller poate exista o consolă de comanda pentru introducerea datelor sau un calculator cu conexiune permanentă unde se pot realiza programe NC.

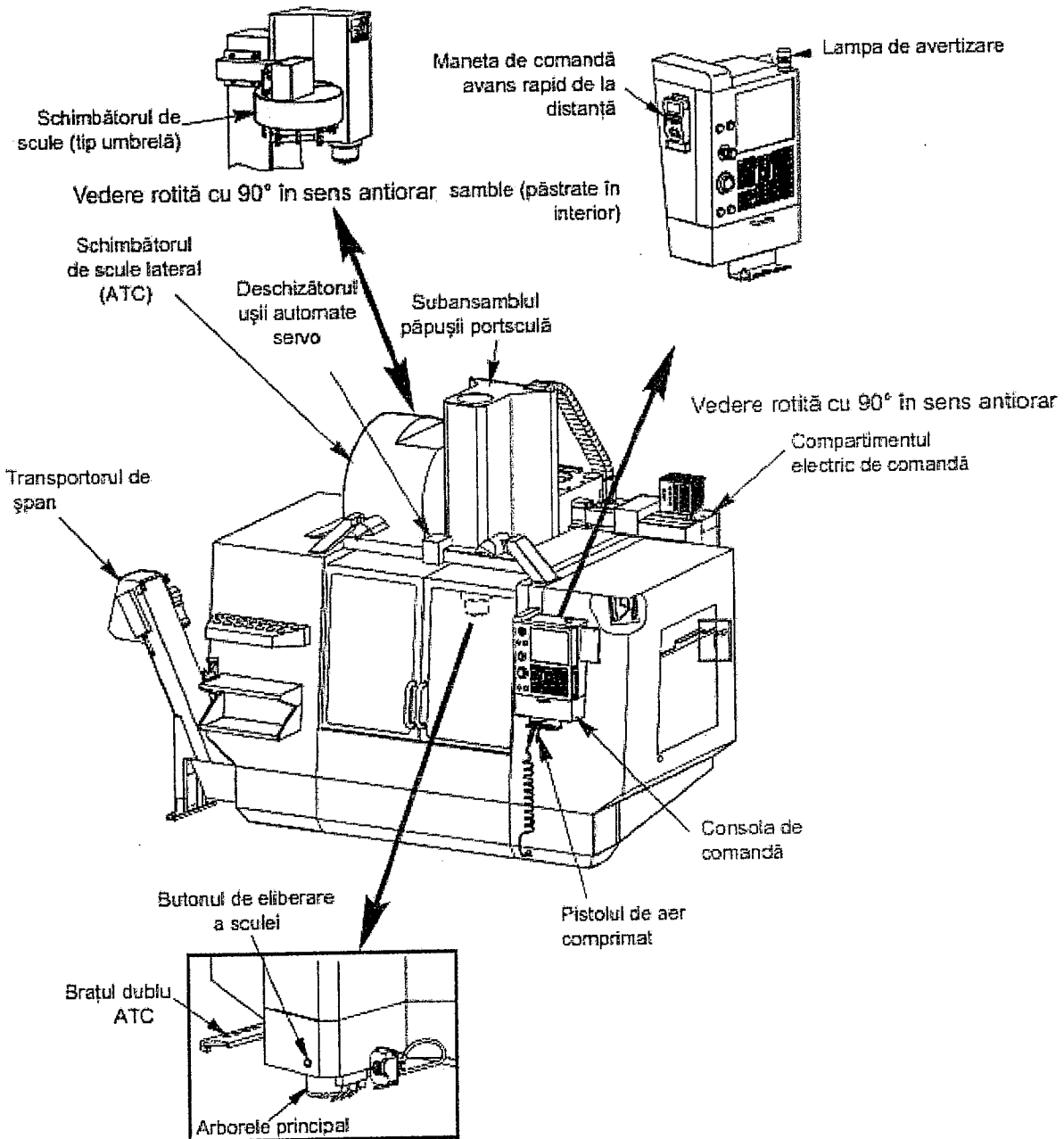


Fig. 4.a Mașina de frezat CNC

Masina unalta cu comanda numerica

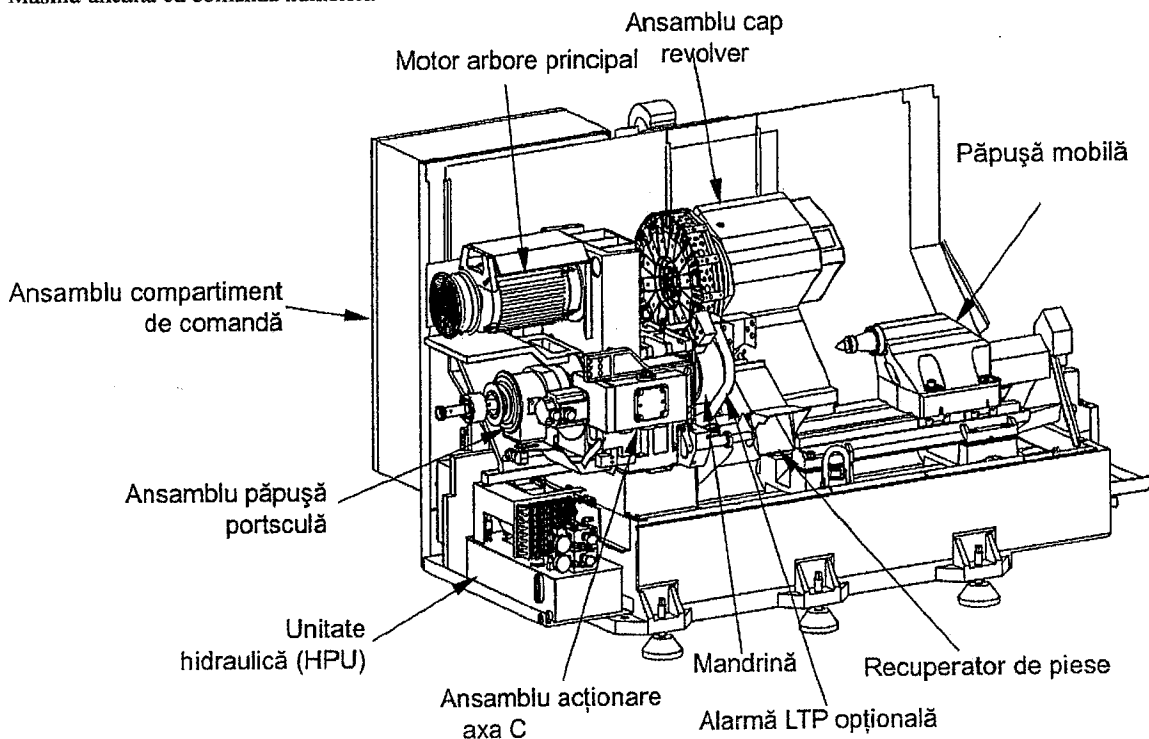


Fig. 4.b Strung CNC

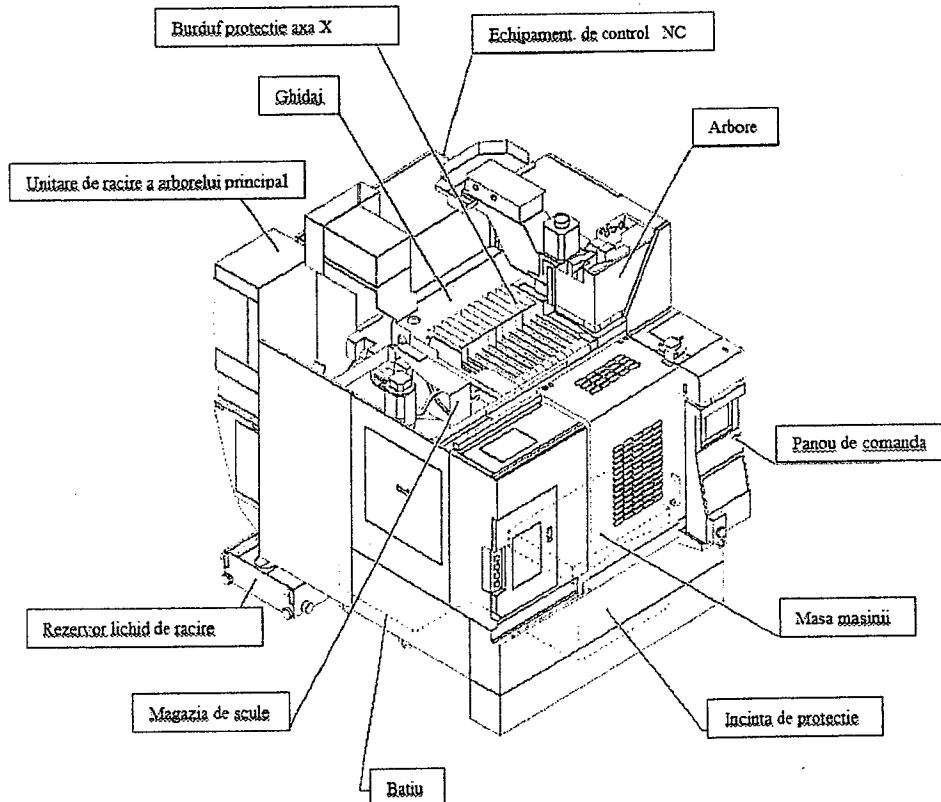


Fig. 5. Componentele principale ale MU CNC Okuma

3. Componentele mecanice principale ale MU-CNC

Batiul, reprezintă piesa de bază pe care se montează celelalte subansambluri fixe și mobile ale mașinii, instalația de comandă și instalațiile auxiliare.

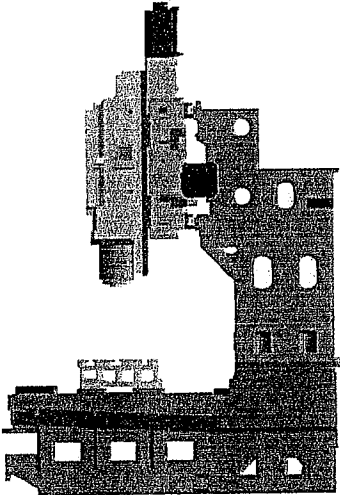


Fig. 6.a Batiu MU de frezat CNC

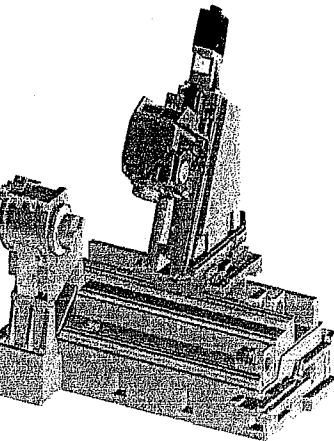
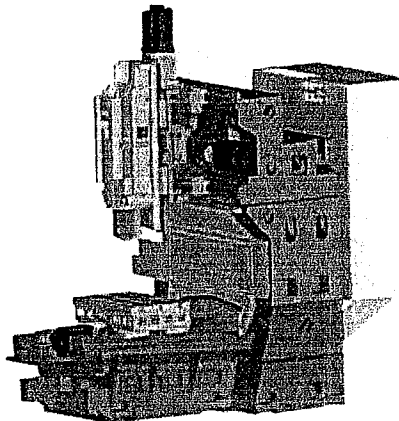


Fig. 6.b Batiu strung CNC

3.1 Mecanism șurub-piuliță cu bile recirculabile

Mașina-unealtă are o construcție specială. Prima cerință în proiectarea unei mașini-unealtă de calitate este rigiditatea. Axele trebuie să aibe o deflexie minimă sub sarcină pentru a nu influența precizia de prelucrare. Axele sunt acționate de obicei cu ajutorul unui mecanism de tip *șurub-piuliță cu bile recirculabile*, fig. 7. Acest tip de cuplaj între axa fixă (șurub) și bacul mobil (piuliță) prin care circulă bile de oțel, asigură o rigiditate și o frecare mică. Bilele sunt alese să se potrivească exact (fără jocuri mecanice) cu dimensiunile filetului, care are la bază o formă rotunjită. O rotație completă a axului produce o mișcare a bacului cu distanța pasului filetului. Mecanismul constă din șurubul 1, piulița 2, bilele 3 și dispozitivul de recirculare al bilelor 4.

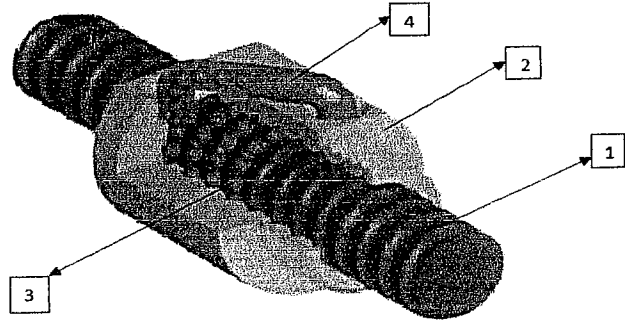


Fig. 7. Mecanism șurub-piuliță cu bile recirculabile.

3.2 Ghidajele lineare sunt elemente de suspensie pentru mișcări de translație. Ca și la rulmenții de rotație, și aici se deosebește dacă forțele de susținere sunt preluate de elemente de rostogolire sau de alunecare. Cerințele impuse componentelor lineare sunt la fel de diverse ca și aplicațiile în care acestea sunt utilizate. Astfel, la sistemele de transport și de alimentare se solicită în principal viteza și exactitate de poziționare, în timp ce la mașinile de masurat și de prelucrat, precizie și rigiditate.

Ghidajul la mașinile cu comandă numerică trebuie să asigure:

- Precizie de poziționare ridicată

Masina unalta cu comanda numerica

- Rigiditate mare
- Capacitate de încarcare mare
- Deplasare uniformă
- Deplasare la viteze mari

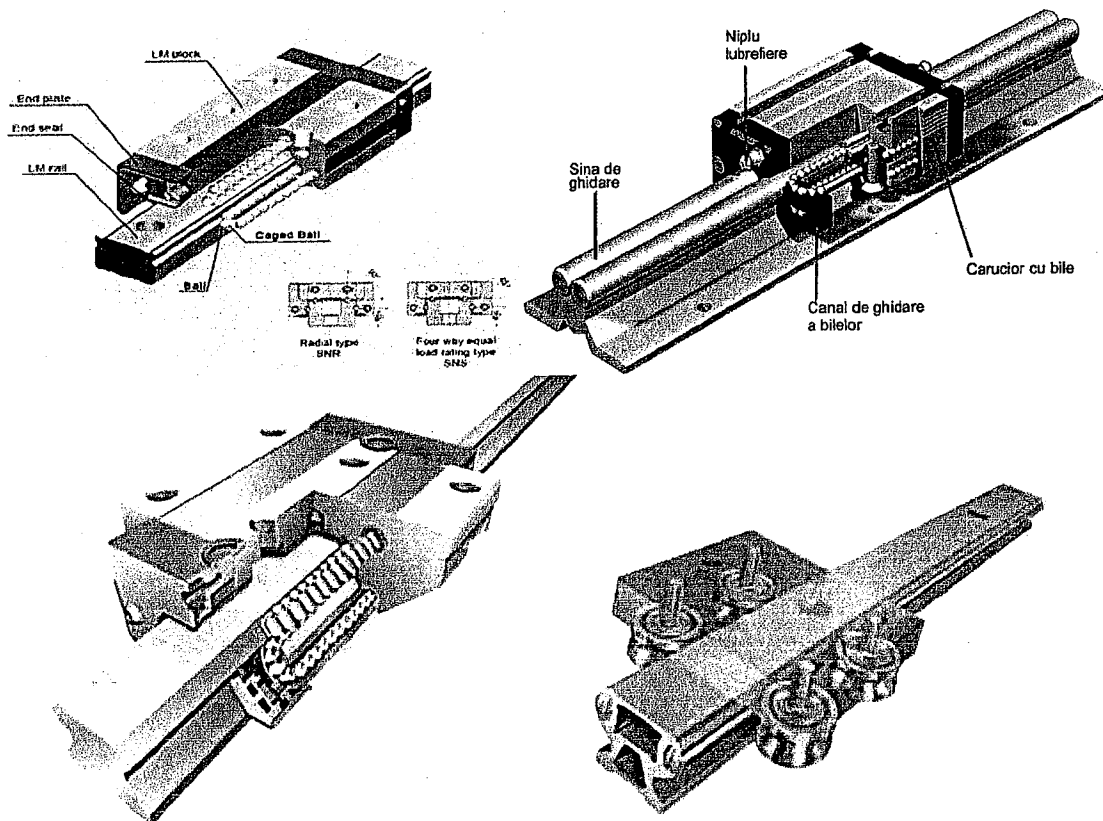


Fig. 8. Ghidaje

3.3 Arborele principal are un rol important în operațiile de prelucrare deoarece asigură viteza de aşchiere a sculei și face parte din structura mașinii unelte. Produsul finit este realizat prin îndepărtarea surplusului de material al unei piese brute cu ajutorul unei scule aşchietoare prin mișcarea relativă dintre sculă și piesa prelucrată. Mișcarea relativă poate fi realizată printr-o mișcare de rotație generată de arborele principal, responsabilă de viteza de aşchiere care permite materialului să fie îndepărtat și o mișcare sau mai multe de avans, generate de lanțurile de acționare ale mașinii

Sistemul de acționare al arborelui principal este lanțul cinematic care asigură și transmite mișcarea spre arborele principal. Sistemul de acționare constă în motor și sistemul de cuplare. În acest mod, viteza de rotație, forța de torsiune și puterea sunt în cele din urmă transferate sculei aşchietoare, prin intermediul port-sculei. În general, sunt trei tipuri de arborii principali, în funcție de construcția arborelui principal aceștia se pot clasifica după: transmisia cu acționarea directă (fig. 9.a), transmisia cu roți dințate (fig. 9.b), transmisia prin curea (fig. 9.c).

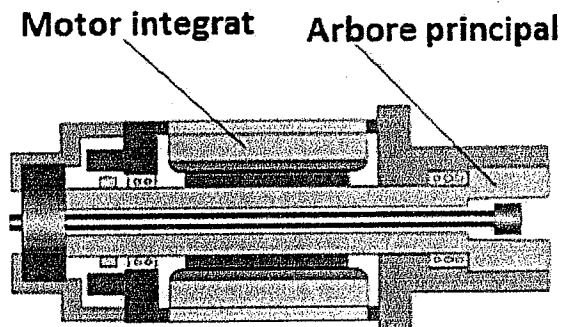


Fig. 9.a Transmisie cu acționarea directă

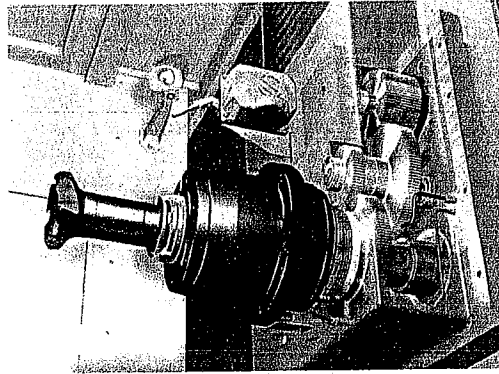


Fig. 9.b Transmisie cu roți dințate

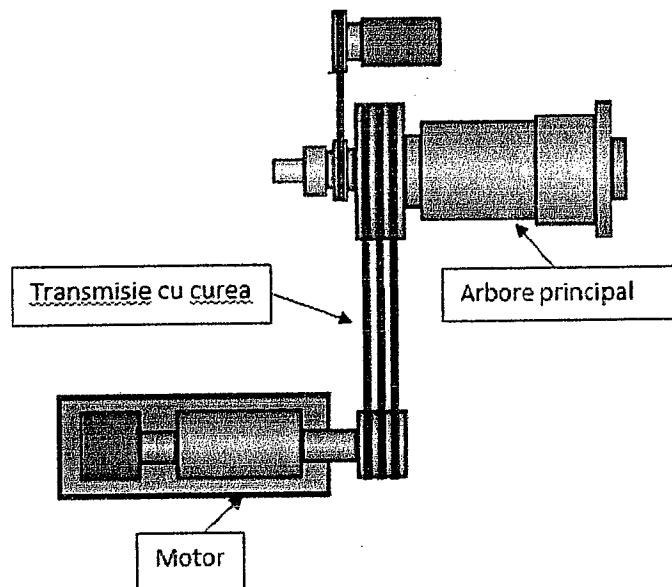


Fig. 9.c Transmisie prin curea

3.4 Magazia de scule

Masinele unelte CNC universale au sisteme automate pentru schimbarea sculei și sunt dotate cu o magazie de scule (fig. 10,11) cu zeci sau chiar sute de scule diferite. Magazia de scule este ansamblul în care sunt depozitate, codificate, toate sculele necesare prelucrării unei anumite piese.

Transferul sculelor

Prin transferul sculelor din magazie în incinta/spatiu de lucru se înțelege totalitatea operațiilor executate de mecatisme auxiliare în vederea extragerii / introducerii sculei din/în magazie, a transportului acesteia de la magazie la axul principal sau invers și a introducerii/scoaterii ei în/din alezajul axului principal.

Masina unalta cu comanda numerica

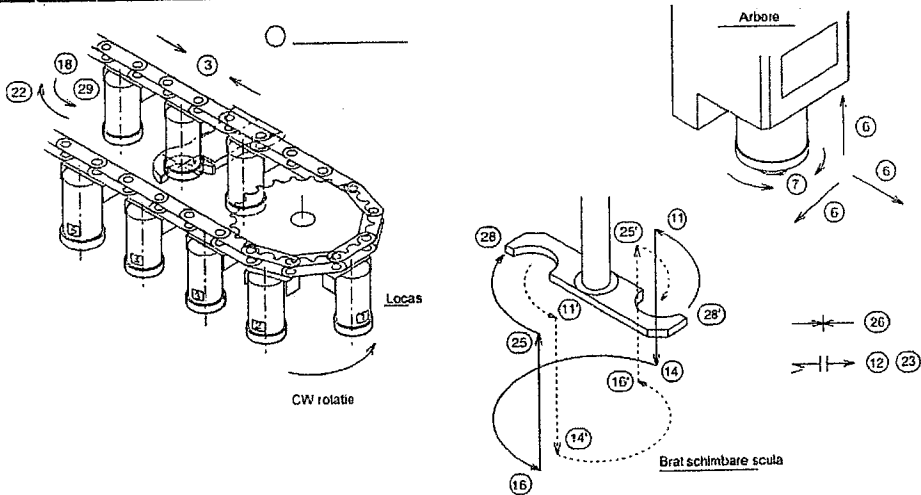
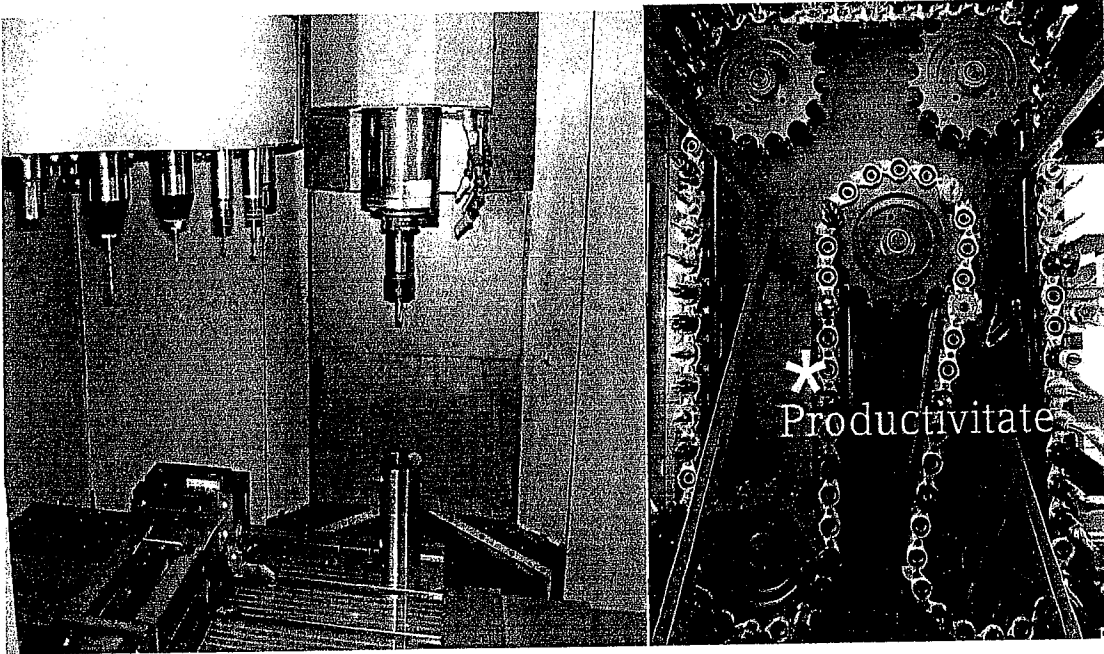


Fig. 10

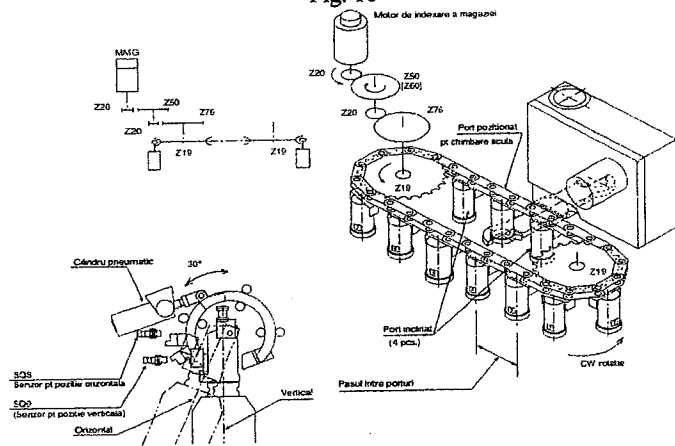


Fig. 11

Masina unealta cu comanda numerica

3.5 Axele MU-CNC

Toate echipamentele CNC au doua sau mai multe directii de miscare, numite axe. Aceste axe pot fi miscate precis si pozitionate precis, de-a lungul intervalului de deplasare. Cele mai cunoscute tipuri de axe sunt cele liniare si de rotatie (miscare curbilinie).

Aceste directii sunt numite axele masinii. Axele au numele coordonatelor X, Y, Z. Axa X are intotdeauna cea mai mare lungime a cursei active. De exemplu, axa X (fig.12) poate reprezinta miscarea stanga-dreapta, iar axa Y (fig.13), miscarea fata-spate. Axa Z (fig.14) reprezinta miscarea verticala, sus-jos. Scula aschietoare este montata, de obicei, pe axa Z in arborele principal.

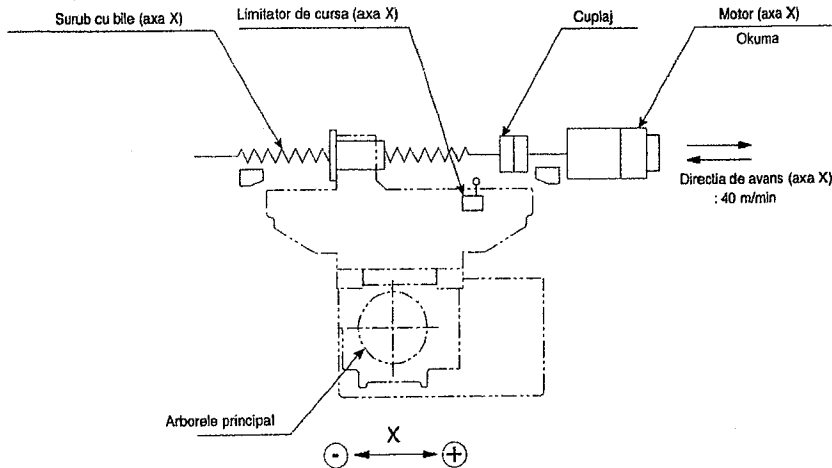


Fig. 12 axa X (Okuma GENOS M460R-V)

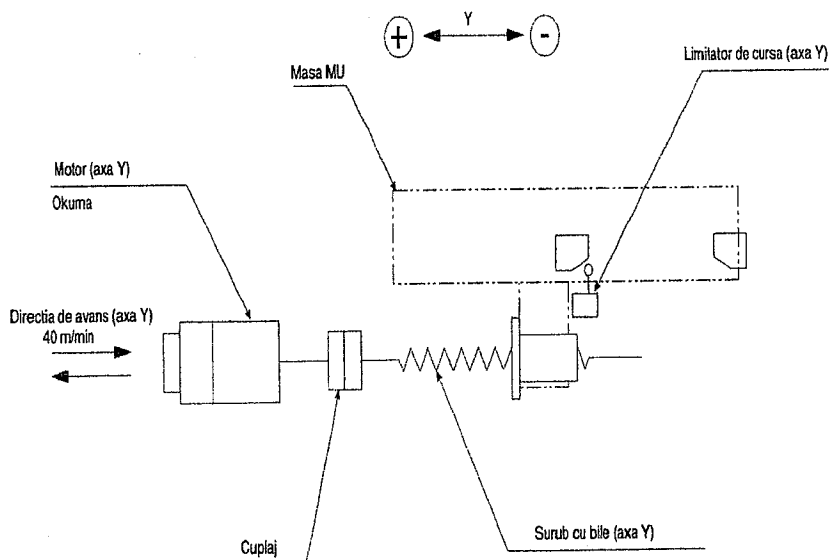
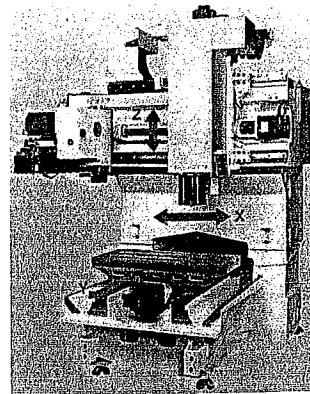
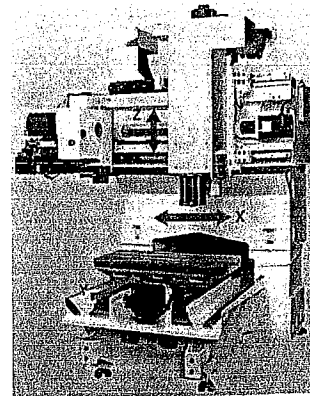


Fig. 13 axa Y (Okuma GENOS M460R-V)



Masina unealta cu comanda numerica

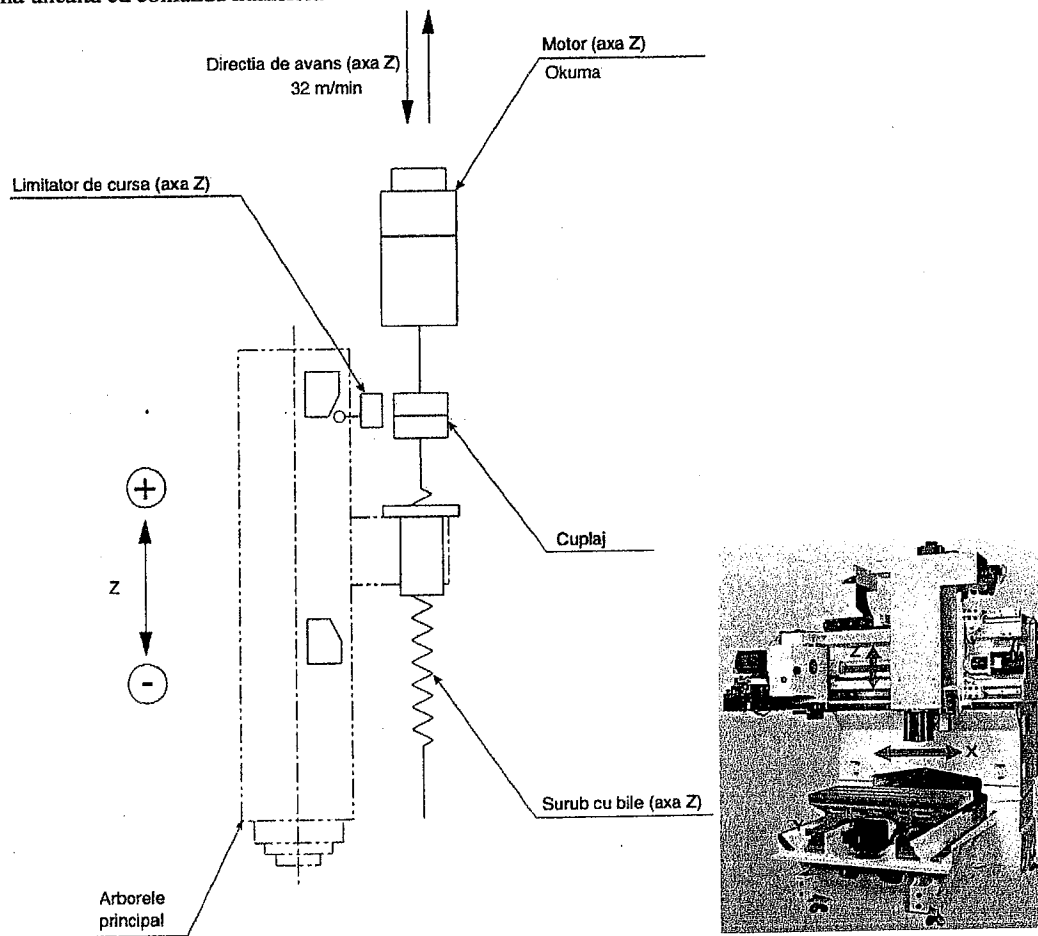


Fig. 14 axa Z (Okuma GENOS M460R-V)

Programarea asistată de calculator a mașinilor de frezat cu comandă numerică

1. Flux de fabricație

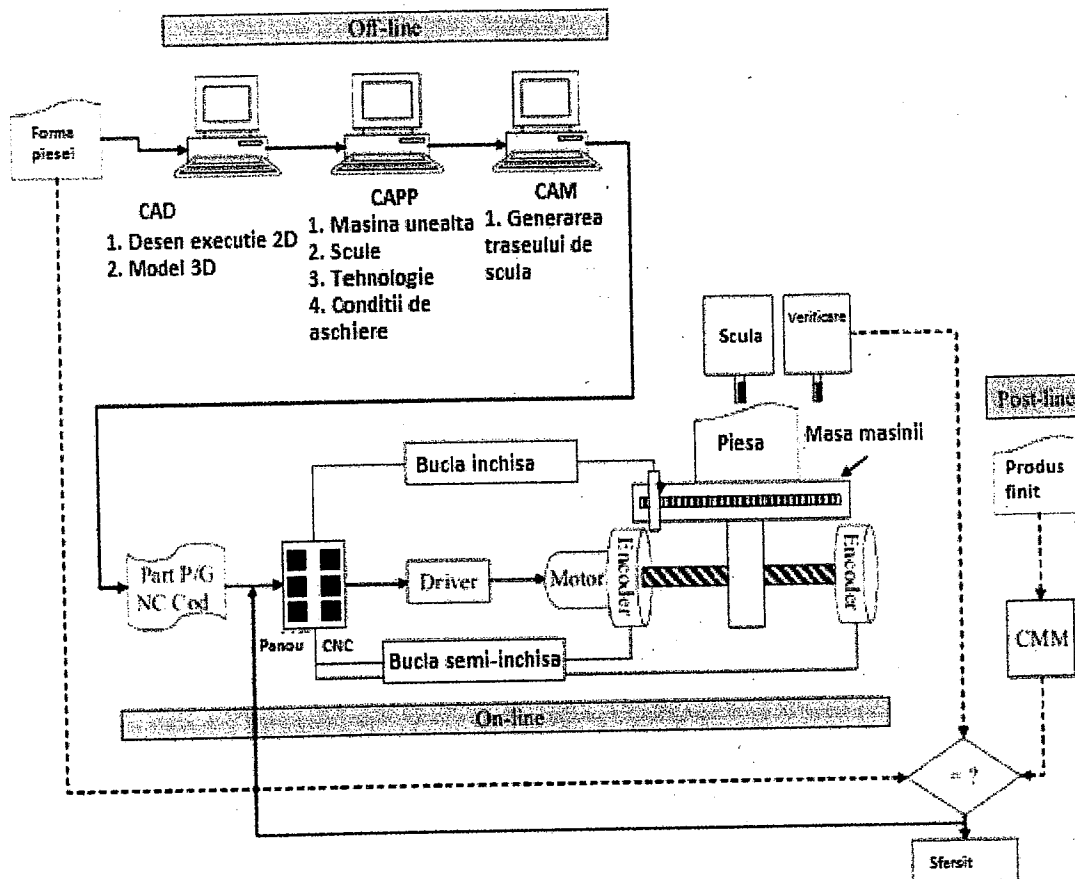


Fig. 1 Flux de fabricație a pieselor pe MU CNC

2. Metode de programare CNC

Există trei metode de bază pentru programarea unei mașini CNC.

- programarea manuală
- programarea asistată (pe bază de întrebări și răspunsuri - cu ajutorul unor meniuri)
- programarea cu software CAM (Computer Aided Manufacturing)

Fiecare dintre aceste metode are avantaje și dezavantaje.

- Programarea manuală produce cele mai compacte și optimizate programe.
- Programarea asistată este mai ușor de realizat, chiar și de utilizatori începători, totuși ea se folosește pentru producerea de piese simple, combinate din forme de bază existente într-o bibliotecă de date.
- Cu programarea CAM se pot realiza relativ repede piese foarte complexe. În schimb, un software CAM poate produce 1000 de linii de program care să fie echivalente din punct de vedere al efectului cu 4 linii de program realizat în mod manual. La utilizarea unui software CAM la generarea de programe CNC în vederea realizării unei piese mai complexe, programele pot avea dimensiuni de zeci de MB.

Programarea cu software CAM permite utilizatorului atingerea unui nivel de performanță mult mai mare decât programarea manuală. În ultimii ani acest mod de lucru a devenit destul de popular. Un sistem CAM ajută utilizatorul în trei direcții:

- i) Nu mai trebuie efectuate multe calcule matematice (le face calculatorul)
- ii) Permite programarea unor prelucrări de același tip cu ajutorul unui limbaj de bază
- iii) Ajută utilizatorul cu funcții practice de bază pentru prelucrare

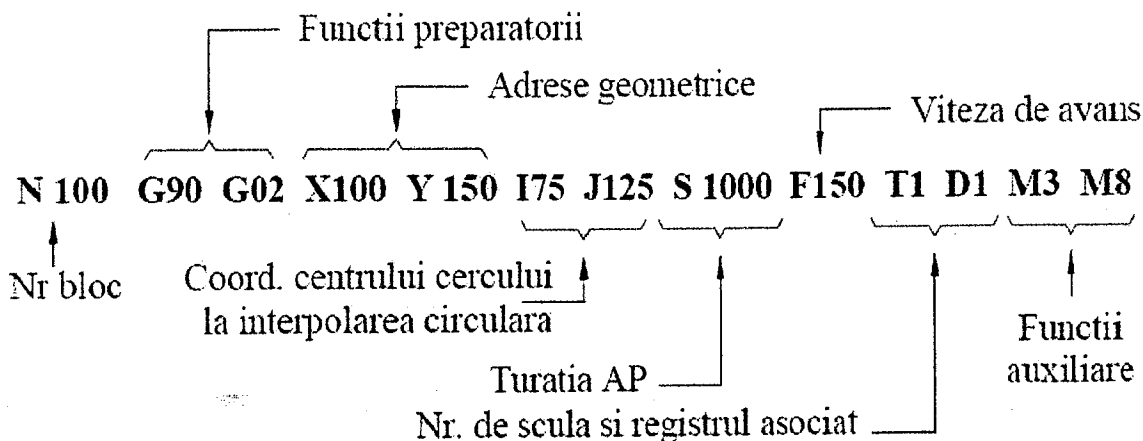
Un software CAM va genera programul în cod G și îl va transfera direct în memoria controller-ului mașinii CNC.

Sistemele CAM sunt de două tipuri:

- a) cu programare în limbaj de nivel înalt: BASIC, Pascal, C etc.;
- b) grafice – utilizatorul are posibilitatea de a verifica vizual traiectoria sculei așchietoare.

3. Structura limbajelor NC. Exemplu de program NC

Majoritatea controller-elor CNC utilizează pentru programare instrucțiuni sub forma unor linii de text, fiecare linie de text având o adresă unică. Fiecare linie de text conține o comandă formată dintr-o literă și un număr. În afară de comandă, o linie de text mai poate conține și date, adică informații care sunt necesare pentru executarea comenzii. De exemplu, o linie de program poate conține comanda de mișcare rapidă. În acest caz trebuie date informații suplimentare despre axa (sau axele) care se dorește a fi mișcată și trebuie dată noua poziție, în care mișcarea se termină.



Programele se execută strict secvențial, adică linie după linie, în ordinea în care acestea au fost scrise. Numai după execuția completă a comenzii actuale se trece la citirea, interpretarea și execuția următoarei comenzi.

4. Funcții ISO pentru centru cu comandă numerică

4.1 Funcții G

COD	Semnificație
G00	Interpolare liniară, deplasare cu avans rapid
G01	Interpolare liniară, deplasare cu avans de lucru
G02	Interpolare circulară, deplasare cu avans de lucru, sens orar

G03	Interpolare circulară, deplasare cu avans de lucru, sens antiorar
G04	Temporizare, mărimea indicată sub adresa F
G09	Oprire precisă la sfârșit de bloc
G17	Selectare plan de lucru XOY (pentru interpolare circulară)
G18	Selectare plan de lucru ZOX (pentru interpolare circulară)
G19	Selectare plan de lucru YOZ (pentru interpolare circulară)
G40	Anularea corecției de rază a sculei
G41	Corecție de rază a sculei, scula plasată pe stânga traiectoriei
G42	Corecție de rază a sculei, scula plasată pe dreapta traiectoriei
G53	Invalidarea decalării de origine
G54 ... 57	Activare decalare de origine
G90	Programare absolută, dimensiuni față de originea programului (implicit)
G91	Programare relativă, dimensiuni față de punctul inițial
G94	Viteza de avans în mm/min (implicit).
G95	Viteza de avans în mm/rotație

4.2 Funcții M

COD	Semnificație
M0	Oprire programată
M3	Rotație broșă în sens orar
M4	Rotație broșă în sens antiorar
M5	Oprire arbore principal
M6	Apel schimbare sculă
M8	Pornire lichid de așchiere
M9	Oprire lichid de așchiere
M17	Sfârșit subprogram
M29	Deschidere ușă
M30	Sfârșit program
M91	Măsurare freză (L, D)

4.3 Alte funcții:

- T - apel sculă
- S - adresă pentru programarea vitezei (rot/min)
- F - adresa pentru programarea vitezei de avans (mm/min)
- X, Y, Z - adrese geometrice
- I, J, K - parametri de interpolare

4.4 Funcțiile G și funcțiile M

Există două tipuri importante de comenzi care necesită înțelegere în mod special. Funcțiile G și M.

Comenzile care încep cu litera G sunt utilizate pentru:

- setarea modului de poziționare, G90 – mod absolut, G91 – mod relativ;
- indicarea tipului de mișcare; G00 – rapid, G01 – liniar, G02 – circular;
- altor setări privind mișcarea sculei.

Comenzile care încep cu litera M sunt destinate unor funcții foarte variate, cele mai importante funcții sunt:

- pornire / oprire rotație sculă;
- pornire / oprire lichid de răcire;
- comunicații ale mașinii CNC cu echipamente externe prin intrări / ieșiri digitale;
- instrucțiuni speciale pentru structurarea programelor CNC.

5. Programare CAM (Computer Aided Manufacturing)

Programarea mașinilor de frezat cu comanda numerică se va face în laborator cu programul CAM Autodesk PowerMill 2019 pe o piesă fig. 2, care va include următoarele etape:

- importul modelului 3D
- stabilirea sistemului de coordonate
- stabilirea semifabricatului
- stabilirea procesului tehnologic
- crearea traseului de scula
- generarea programului NC

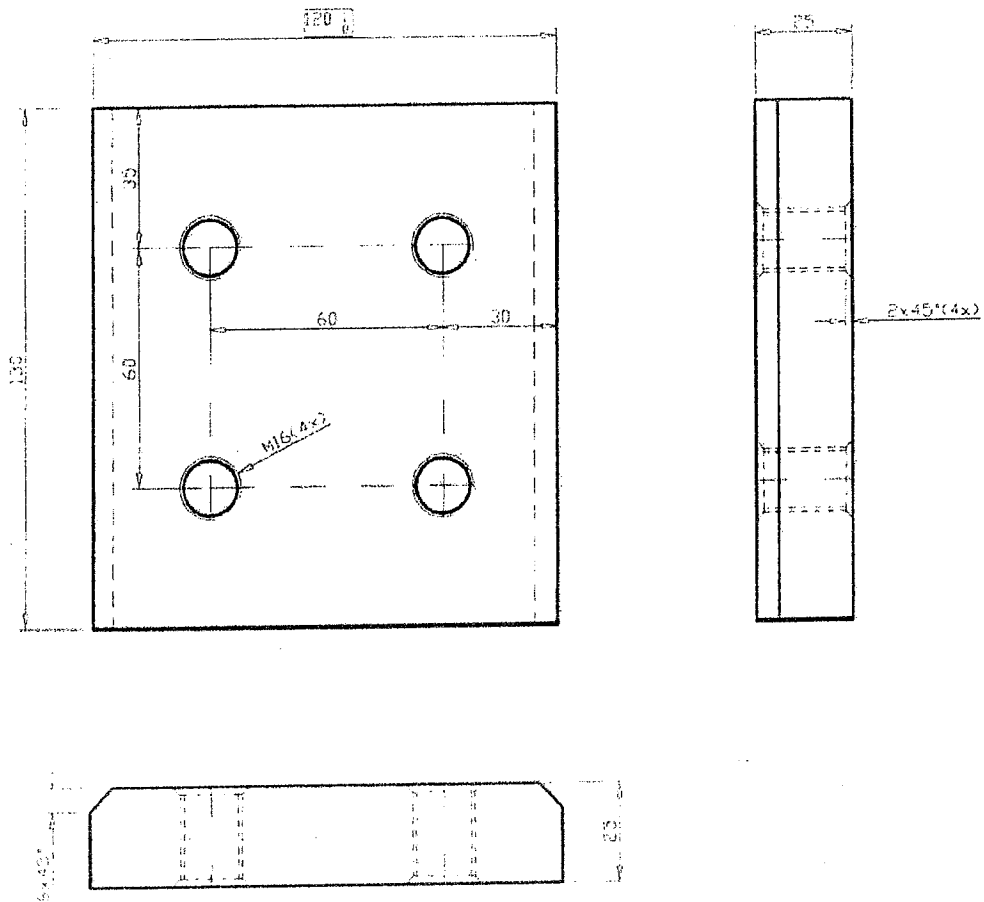


Fig. 2

PRELUCRAREA PRIN ABRAZARE. RECTIFICAREA SUPRAFETELOR PLANE

1. Particularitățile prelucrării prin abrazare

Spre deosebire de procedeele de prelucrare prin așchiere, la care se utilizează scule metalice cu număr definit de dinți și geometrie de lucru bine precizată, prelucrarea prin *abrazare* (prin *microașchiere*) presupune utilizarea unor scule cu număr foarte mare (neprecizat) de granule abrazive – cu rol de «micro-dinți», având muchii ascuțiți, dar geometrie aleatorie (întâmplătoare/necontrolabilă). Granulele abrazive – care sunt în general materiale dure cristaline de mici dimensiuni (cu microduritate de $22.000 \div 31.000$ MPa) – sunt compactate cu ajutorul unor lianți speciali (fig. 11.1), sub forma unor corpuri abrazive cu diferite configurații geometrice, corpuri utilizate la operațiile de *abrazare (rectificare)*, *honuire*, *vibronetezire*. Granulele sunt însă utilizate și sub formă de pulbere – la operațiile de *lepuire*, *rodare*, *abrazare prin alunecare sau cu jet* – sau sunt depuse pe un suport de hârtie sau pânză, pentru operațiile de *șlefuire/lustruire*.

La utilizarea corpurilor abrazive – cărora li se imprimă o turație ridicată (viteza de lucru atinge 75 m/s), granulele de pe suprafața periferică antrenează straturi fine de material metalic de pe semifabricat și-l transformă în *microașchii*.

Prin definiție, procedeele de abrazare sunt considerate operații de finisare (în general operații finale în execuția unor repere), ele asigurând condițiile de precizie dimensională, de formă și de poziție reciprocă a suprafețelor sub treapta 9 ISO, precum și rugozități mici ($R_a = 0,16 \div 0,63$ μm). Procedeele mai sunt recomandate și în cazurile în care așchiera cu scule metalice este imposibilă sau neeconomică, cum este cazul materialelor metalice foarte dure.

◆ Spre deosebire de așchiera cu scule metalice cu număr precizat de dinți (de exemplu frezarea), **prelucrarea cu scule abrazive este caracterizată de o serie de particularități:**

- ◆ *geometria granulei abrazive este variabilă de la granulă la granulă* (fig. 11.2), fiind posibile unghiuri de degajare atât pozitive, cât și puternic negative, corespunzătoare unor unghiuri de așchiere $\delta = 45^\circ \div 140^\circ$;
- ◆ pe arcul de contact sculă - semifabricat se află foarte multe granule abrazive, fiecare «ridicând» un microvolum de material de aproximativ 400.000 de ori mai mic decât oricare dinte așchietor corespunzător sculelor metalice;
- ◆ procesul de așchiere prin abrazare se desfășoară la viteze ridicate ($v = 30 \div 80$ m/s).
- ◆ *mişcările de avans generatoare au loc cu viteze de avans mult mai mici* ($v_s = 1 \div 50$ m/min), iar *adâncimea de așchiere t* are valori de ordinul $0,0005 \div 0,05$ mm, în funcție de rigiditatea sistemului tehnologic și de scopul operației;
- ◆ vitezele mari de așchiere și geometria aleatorie (neadecvată pentru multe din granulele abrazive) conduc la *dezvoltarea unei temperaturi înalte în zona de așchiere* ($1.000 \div 1.500^\circ\text{C}$), ceea ce poate conduce la arderea superficială a metalului din suprafața prelucrată;
- ◆ *discul abraziv se autoascute în procesul de așchiere*. În timpul lucrului, pe măsură ce tășurile granulelor se tocesc, forțele de așchiere cresc în mod corespunzător și apare fenomenul de smulgere a granulelor uzate din liant. Dacă corpul abraziv are duritate relativ redusă, granulele abrazive uzate sunt îndepărtate și, în mod continuu, ies la suprafață (devin active) granule neuzate, cu tășuri ascuțite, care continuă procesul normal de abrazare. Dacă

corpul abraziv are duritate mare, granulele abrazive uzate sunt reținute un timp prea îndelungat, procesul de abrazare se înrăutățește, până la pierderea totală a capacității de microașchiere a discului (cauzată de «îmbâcsirea» completă) și apariția fisurilor. Ca o consecință, va crește temperatura piesei și vor crește ondulațiile suprafeței prelucrate;

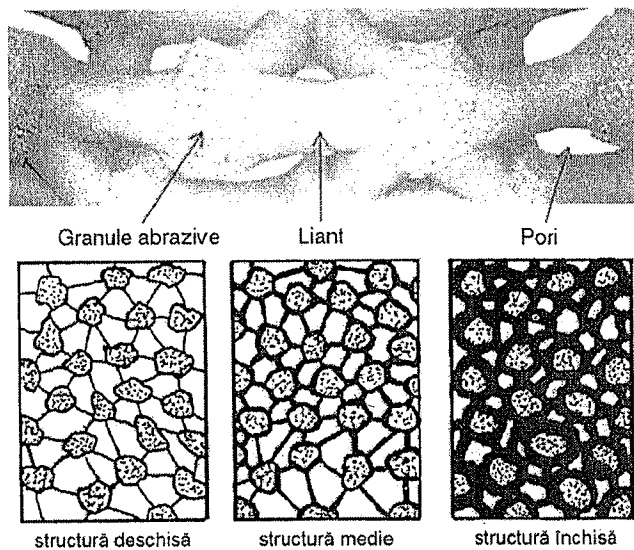


Fig. 11.1. Structura corpului abraziv (granule abrazive, liant, pori)

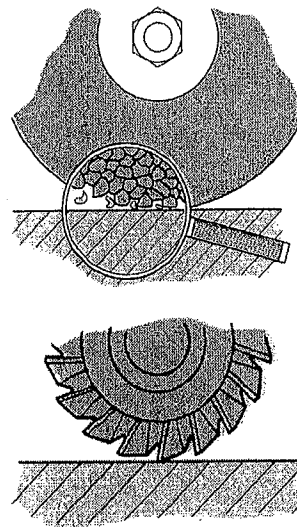


Fig. 11.2. Analogia dintre granula abrazivă și dinte metalic al frezei

Din punct de vedere geometric, rugozitatea suprafeței prelucrate se formează ca rezultat al copierii urmelor lăsate de granulele abrazive. Datorită faptului că o granulă ridică microașchii cu forțe specifice mari, au loc deformări plastice intense, care deformează microrelieful obținut ca rezultat al acțiunii parametrilor geometrici ce caracterizează granulele abrazive. Netezimea suprafeței prelucrate prin abrazare este determinată de densitatea zgârieturilor pe unitatea de suprafață și întrucâtva de forma acestora, respectiv de forma granulelor abrazive care le-au produs. Teoretic, pentru obținerea unei rugozități cât mai mici, este necesar ca un număr cât mai mare de granule să acopere simultan unitatea de suprafață a piesei – adică discul abraziv să aibă o structură cât mai densă și o granulație cât mai fină – fie ca un număr de granule abrazive (dispuse mai rar) să treacă de mai multe ori printr-una și aceeași secțiune. Practic, înălțimea mică a secțiunii restante se obține prin imprimarea unei mișcări suplimentare de avans la nivelul discului abraziv, avans «lateral» având mărimea mult mai mică decât lățimea B a discului. În acest mod, discul va trece de mai multe ori peste fiecare porțiune de suprafață, având ca efect micșorarea corespunzătoare a înălțimii asperităților. În concluzie, îmbunătățirea calității suprafeței la abrazare/rectificare se obține prin mărirea numărului de treceri (micșorând vitezele de avans) și prin micșorarea granulației corpului abraziv.

2. Materiale abrazive

Corpurile (pietrele) abrazive sunt produse fasonate obținute din granule abrazive solidarizate cu ajutorul unui liant. Practic, un corp abraziv are în componență material abraziv, liant dar și pori (v. fig. 11.1), cu rol important în crearea spațiului necesar formării, cuprinderii și evacuării microașchiilor, precum și pentru accesul lichidului de răcire. Astfel, volumul corpului abraziv se compune din următoarele trei volume: volumul granulelor abrazive, volumul liantului și volumul porozităților.

Structura corpului abraziv este definită prin procentajul granulelor într-un volum dat: structura se numește *închisă* dacă 60...54% din volum este constituit din granule, se numește *medie* dacă granulele formează 52...46% din volumul global și este *deschisă* dacă structura comportă de la 44 la 38% granule.

Corpul abraziv este caracterizat prin tipul materialului abraziv, granulație, duritate, structură și tip de liant.

◆ **Tipul de material abraziv** se alege în principal în funcție de natura și caracteristicile materialului supus abrazării. Materialele care satisfac proprietățile de duritate și termostabilitate necesare procesului de abrazare sunt, în ordinea descrescătoare a calităților: diamantul natural și artificial, nitrura cubică de bor, carbura de siliciu, oxidul de aluminiu natural și artificial (șmirghel, corindon, electrocorindon).

◆ La fabricarea corpurilor abrazive s-au utilizat inițial *abrazivi naturali*, precum gresie, émeri, corindon, cuarț, șmirghel, diamant.

Cu excepția diamantului, materialele abrazive naturale au un domeniu de utilizare restrâns, datorită, în special, impurităților care influențează negativ capacitatea de abrazare.

◆ *Materialele abrazive artificiale* nu prezintă acest inconvenient, motiv pentru care utilizarea acestora s-a răspândit în majoritatea aplicațiilor industriale. Din această categorie fac parte *electrocorindonul, carbura de siliciu, carbura de bor și diamantul sintetic*.

Electrocorindonul este materialul cel mai des folosit la fabricarea corpurilor abrazive.

◆ **Granulația materialului abraziv.**

Având în vedere marea diversitate dimensională a granulelor abrazive (între 3,5 și 2.500 μm); s-a impus clasificarea lor, în funcție de mărime. După *granulație*, materialele abrazive au fost clasificate în *granule, pulberi și micropulberi* (STAS 1753-60).

La alegerea granulației unui corp abraziv se recomandă respectarea următoarelor indicații:

- granulațiile mari sunt recomandate pentru operații de degroșare aplicate pieselor mari, materialelor moi, adaosurilor mari de prelucrare și suprafețelor mari de contact;
- granulațiile fine sunt indicate la finisarea materialelor dure și fragile, la prelucrarea cu adaosuri mici și în cazul suprafețelor mici de contact.

În funcție de geometria suprafeței de rectificat, se recomandă utilizarea granulațiilor mari la abrazarea suprafețelor plane și a granulațiilor fine în cazul suprafețelor profilate.

◆ **Duritatea corpurilor abrazive**

Duritatea unui corp abraziv reprezintă rezistența pe care o opune liantul față de forțele din procesul de așchiere, care tind să desprindă granulele de pe suprafața acestuia.

Standardul STAS 1469-60 clasifică materialele abrazive în cinci grupe de duritate, fiecare cuprinzând mai multe grade de duritate, notate cu simboluri literale. În ordine alfabetică, fiecare grad de duritate este superior celui precedent. Astfel, corespunzător celor cinci grupe de duritate, materialele abrazive sunt: • foarte moi (E, F, G); • moi (H, I, J, K); • medii (L, M, N, O); • dure (P, Q, R, T); • superdure (Z).

La alegerea durității unui corp abraziv se recomandă ca:

- duritățile mari să fie utilizate la abrazarea materialelor moi, în cazul suprafețelor mici de contact și la operații de degroșare, debavurare sau debitare;
- durități mici să fie folosite la abrazarea materialelor dure sau în cazul suprafețelor mari de contact sculă - piesă (rectificări plane), îndeosebi pe mașinile-unelte rigide.

◆ **Structura** corpului abraziv reprezintă cantitatea de granule abrazive pe unitatea de volum. În mod indirect, structura caracterizează și numărul și mărimea porilor. Conform STAS 1469-60, corpurile abrazive pot avea o structură *foarte deasă, deasă, cu desime mijlocie, foarte rară și poroasă*.

◆ **Caracteristicile liantului**

Lianții, utilizați la formarea corpurilor abrazive, au rol esențial în:

- preluarea forțelor de așchiere – ce tind să desprindă și să îndepărteze particulele abrazive sub acțiunea conjugată a temperaturii ridicate și a acțiunii chimice a lichidului de răcire;
- asigurarea rigidității corpului abraziv, prin reținerea granulelor active (ascuțite) în corpul

suclei, dar permițând desprinderea celor uzate.

După compoziție, lianții utilizați la realizarea corpurilor abrazive pot fi organici și anorganici.

- ♦ Din grupa *lianților organici* fac parte: • *lacuri* (șelac); • *rășini sintetice* (epoxidice și fenolice – ex. lianți pe bază de bachelită); • *lianți pe bază de cauciuc* (natural sau sintetic).
- ♦ Din grupa lianților *anorganici (minerali)* fac parte: • *lianții ceramici* – argilă refractară, cuarț, caolin; • *lianții minerali* (silicați, magnezită).

Corpuri abrazive cu *liant pe bază de ceramică* sunt cele mai rezistente și, datorită calităților multiple, sunt cele mai răspândite în construcția de mașini. Se utilizează ca liant un amestec de caolin, cuarț și feldsfat.

Corpuri abrazive

Scula abrazivă este realizată sub forma unui corp solid din granule abrazive legate între ele printr-un liant, ce poate fi de natură anorganică sau de natură organică. Natura liantului conferă corpului abraziv duritate, rezistență și elasticitate, structură, rezistență termică. În funcție de modul de poziționare-fixare pe mașina-unealtă, corpurile abrazive sunt fabricate sub formă de segmenti ori sub forma unor corpuri de revoluție: cu alezaj (fig. 11.3 și 11.4) sau cu tijă metalică (fig. 11.5). Cele mai comune corpuri abrazive sunt corpurile de revoluție cu alezaj – pentru abrazarea suprafețelor exterioare – și cele cu tijă – pentru abrazarea alezajelor.

3. Rectificarea (abrazarea) suprafețelor plane

Având în vedere scopul urmărit, prelucrările prin abrazare se împart în două mari grupe:

- ♦ operații prin care se urmărește numai obținerea unei anumite rugozități pentru suprafața prelucrată, fără a interesa îmbunătățirea preciziei;
- ♦ operații de prelucrare la care, pe lângă calitatea de suprafață, se urmărește și obținerea unei mai mari precizii dimensionale, de formă și de poziție reciprocă.

Din prima categorie fac parte *superfinisarea* și *lustruirea*, iar din categoria a doua *rectificarea*, *honierea* și *lepuirea*.

♦ **Rectificarea** este un procedeu pe care unii autori îl compară cu frezarea (v. fig. 11.2), datorită analogiei formei – de corp de revoluție – pe care îl are scula așchietoare. Comparativ însă cu freza, care posedă un număr limitat de dinți metalici cu geometrie bine definită, corpul abraziv are un număr foarte mare de micro-dinți, cu geometrie oarecare, formați de granulele abrazive încorporate în corpul sculei.

Dintre variantele tehnologice existente, cele mai importante sunt *rectificarea plană* și cea *rotundă* (fig. 11.6).

În cadrul metodelor generale, variantele de rectificare se pot subclasifica:

- ♦ în funcție de suprafața activă a corpului abraziv: rectificare *periferică* și *frontală*;
- ♦ în funcție de direcția de avans: rectificare *longitudinală* și *transversală*, precum și combinații între acestea.

La rectificarea *periferică*, urmele lăsate de corpul abraziv sunt paralele, în timp ce la rectificarea *frontală* urmele sunt circulare și încrucișate.

Rectificarea intră în categoria operațiilor de finisare. Din acest motiv, cât și datorită stratului subțire îndepărtat de corpul abraziv, adaosul de prelucrare este mic, de câteva zecimi de mm. Adaosul va fi îndepărtat în mai multe treceri; trecerile de degroșare vor avea adâncimea mai mare decât trecerile finale, de finisare.

Ca și în cazul frezării, la rectificare se poate vorbi de rectificare în sensul avansului și în sens contrar avansului.

♦ Variantele de **rectificare a suprafețelor plane** se pot clasifica în funcție de poziția relativă sculă – semifabricat și relațiile dintre mișcările de lucru.

- ♦ Astfel, după forma suprafeței active a discului abraziv rectificarea poate fi:
 - *periferică (cilindrică)* (fig. 11.7) sau • *frontală* (fig. 11.8).
- ♦ După varianta de generare, se poate lucra:
 - *cu avans longitudinal combinat cu avansul transversal intermitent*;
 - *cu avans de pătrundere (transversal) continuu*.

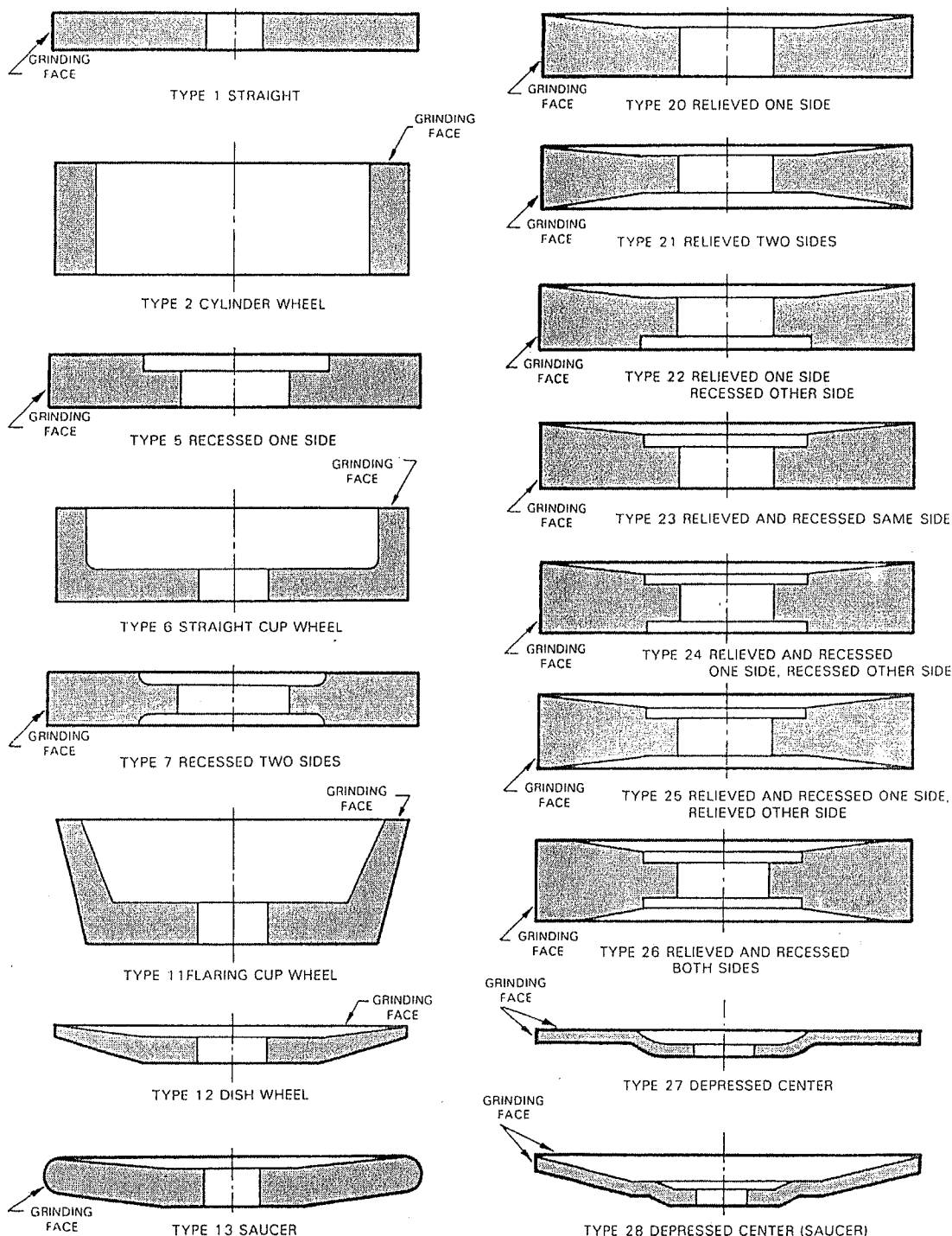


Fig. 11.3. Forme standardizate de corpuri abrazive cu alezaj [Walker-98]

♦ La *rectificarea suprafețelor plane cu partea cilindrică a discului abraziv (rectificarea plană periferică)* (fig. 11.7), se disting două cazuri, impuse de dimensiunile (lățimea) suprafeței de generat: lățimea semifabricatului B_s poate fi mai mare decât lățimea B a discului abraziv (fig. 11.7, a) sau poate fi mai mică (fig. 11.7, b).

Cinematica prelucrării cuprinde următoarele mișcări:

- *mișcarea principală de așchiere* – rotația $I(n, v)$ a corpului abraziv în jurul axei proprii, cu viteză periferică mare (viteza la rectificare se măsoară în m/s);

• *mișcarea de avans tangențial II*, executată de către masa port-piesă, este necesară ca linia de contact dintre disc și semifabricat să acopere întreaga lungime a piesei. La abrazarea plană este o mișcare longitudinală rectilinie alternativă, pe o lungime de cursă ce depășește lungimea suprafeței de prelucrat, pentru ca discul să iasă din contact cu piesa la capăt de cursă.

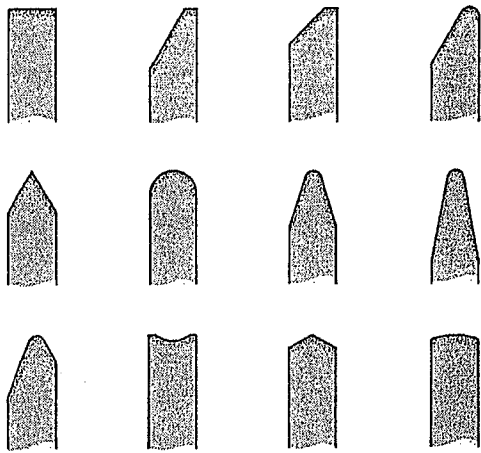


Fig. 11.4. Forme standardizate de muchii active ale discurilor abrazive [Walker-98]

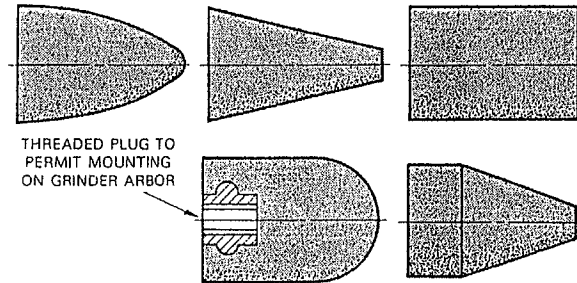
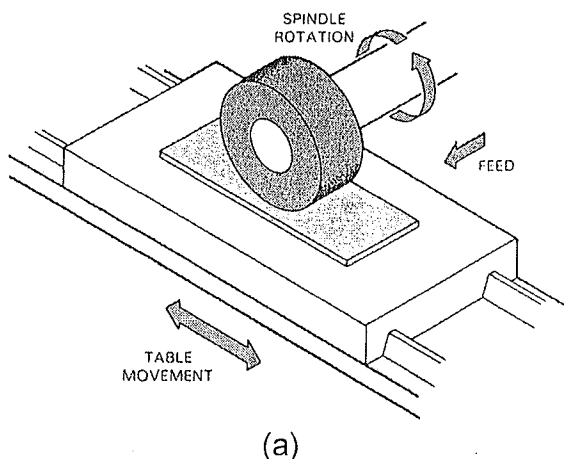
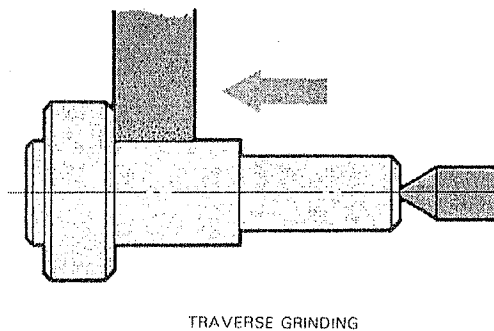


Fig. 11.5. Exemple de corpuri abrazive pentru prelucrări interioare [Walker-98]



(a)



(b)

Fig. 11.6. Exemple de prelucrări prin rectificare periferică [Walker-98]:
(a) – rectificare plană; (b) – rectificare rotundă

• pentru a acoperi întreaga lățime de prelucrat (fig. 11.7, a) este necesară poziționarea repetată în direcție transversală a corpului abraziv. În acest scop, se execută o mișcare pe direcția axei corpului abraziv – *avansul axial III*. La abrazarea plană, avansul axial este rectiliniu și intermitent, perpendicular pe mișcarea II; se mai numește *avans transversal* și este efectuat (în general, de semifabricat) numai la capăt de cursă a mișcării II (când nu există contact sculă - piesă). «Pasul» realizat prin deplasarea intermitentă laterală III este pronunțat mai mic decât lățimea activă B a discului abraziv.

• Pentru că adaosul de prelucrare este împărțit în straturi succesive, mai este necesară o mișcare IV, de pătrundere în direcție radială a corpului abraziv, numită *mișcare de avans radial* sau *avans de pătrundere* (s_p). Este o mișcare rectilinie intermitentă, executată după «acoperirea» întregii suprafețe de prelucrat, la un capăt de cursă a mișcării III și numai în afara zonei de contact sculă-piesă. Prin această mișcare se reglează de fapt grosimea stratului de material îndepărtat (adâncimea de așchiere) la un ciclu a mișcării III. Din acest motiv, ea este uneori considerată mișcare de reglare, deci tratată ca mișcare auxiliară.

♦ Suprafețele plane înguste (fig. 11.7, b) pot fi prelucrate cu aceeași cinematică descrisă mai

sus, chiar dacă lățimea discului abraziv este mai mare decât lățimea suprafeței de prelucrat. Se poate însă renunța la mișcarea de avans axial, care nu mai este absolut necesară. Ca urmare, se poate aplica următoarea cinematică:

- mișcarea de rotație a discului abraziv, ca *mișcare principală de așchiere I*;
- *mișcarea de avans tangențial II* sau avansul longitudinal, rectiliniu și alternativ;
- *mișcarea de avans radial (de pătrundere) III*, efectuat la capătul de cursă al mișcării II (mișcare similară cu IV din fig. 11.7, a).

Chiar dacă, din punct de vedere al corectitudinii generării, mișcarea axială (laterală) poate lipsi, pentru ca erorile de formă ale discului abraziv să nu se transmită suprafeței prelucrate, se recomandă menținerea avansului axial (îndeosebi la rectificarea de finisare).

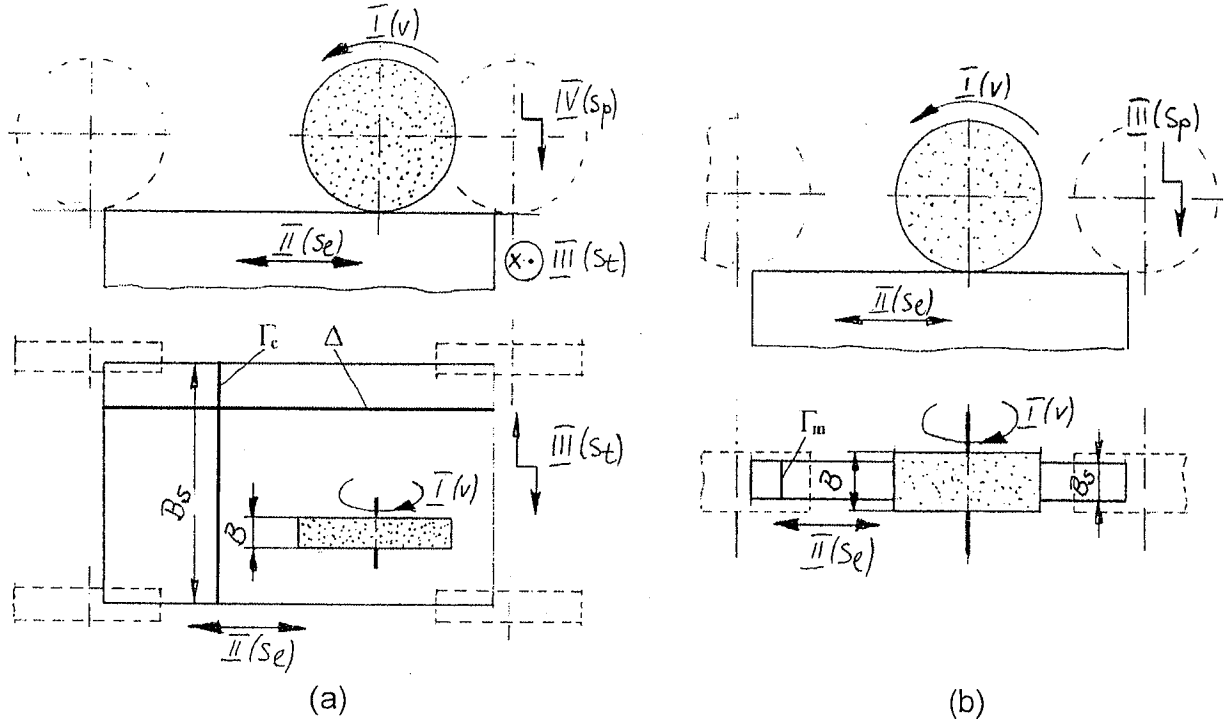


Fig. 11.7. Rectificarea plană cu suprafața cilindrică (periferia) a discului abraziv: (a) – cu avans axial (transversal) intermitent; (b) – fără avans axial (transversal)

◆ La rectificarea suprafețelor plane cu suprafața frontală a discului abraziv (în formă de oală conică sau cilindrică) (*rectificarea plană frontală*) (fig. 11.8) mișcările de lucru sunt aceleași, ca la procedeul descris în fig. 11.7.

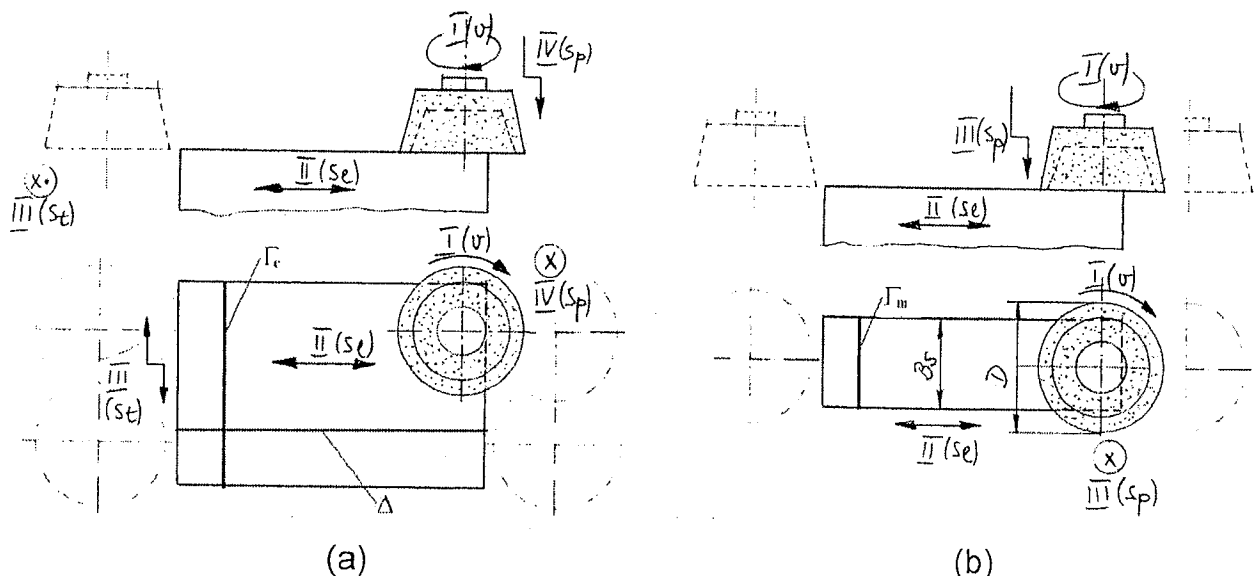


Fig. 11.8. Rectificarea plană cu suprafața frontală a corpului abraziv: (a) – cu avans transversal intermitent; (b) – fără avans transversal

♦ Suprafețele plane cu lățime mai mică decât diametrul suprafeței active a corpului abraziv (fig. 11.8, b) pot fi prelucrate în absența avansului transversal intermitent.

◆ Pe mașina de *rectificat plan cu platou rotativ* se pot prelucra simultan mai multe piese, dispuse circular (fig. 11.9). Indiferent de forma corpului abraziv utilizat, mișcarea de avans tangențial (în forma mișcării rectilinii intermitente *II* din figurile 11.7 și 11.8) ia forma avansului circular continuu *II* (s_c). Avansul radial *III*, rectiliniu și continuu, este absolut necesar pentru ca muchia generatoare (profilatoare) a corpului abraziv să intre treptat în material și să acopere întreaga lățime a semifabricatului.

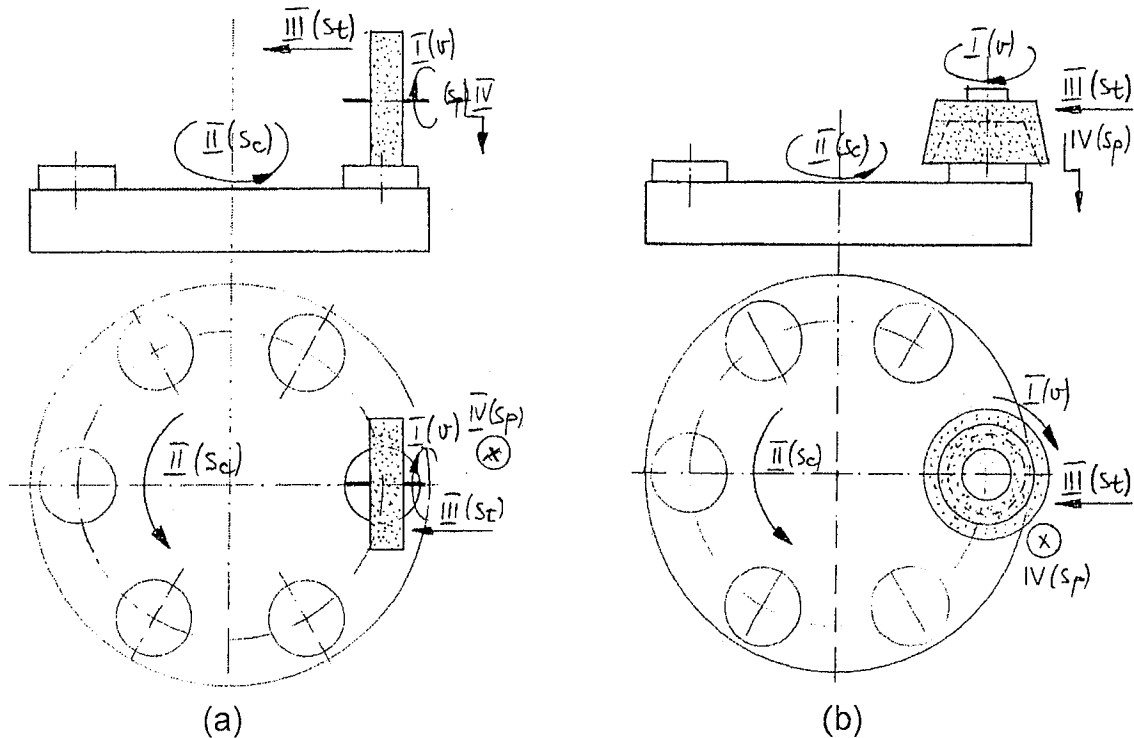


Fig. 11.9. Rectificare plană cu avans circular continuu:

(a) rectificare plană periferică; (b) rectificare plană frontală

◆ *Rectificarea suprafețele active ale ghidajelor* (fig. 11.10), suprafețe dispuse la unghiuri mai mici de 90° (spre exemplu ghidajele cu profil în coadă de rândunică), impune utilizarea suprafețelor frontale ale unor discuri abrazive conice (tip oală sau taler) (v. fig. 11.4, f, g). Cele două suprafețe se rectifică pe rând, utilizând (pe lângă mișcarea principală de rotație *I*) o mișcare de avans longitudinal alternativ *II* (ca avans tangențial) (reprezentată perpendicular pe planul desenului) și o mișcare de avans de pătrundere *III* (s_p) (pentru înlăturarea adaosului de rectificare în mai multe treceri), avans efectuat cu intermitență la capăt de cursă, când corpul abraziv se află în afara zonei de contact cu semifabricatul. În zona de intersecție a celor două suprafețe plane trebuie să existe un canal de degajare (efectuat în prealabil prin rabotare, mortezare sau frezare) pentru a fi asigurată «ieșirea pietrei».

Degajările pentru rectificare sunt necesare pentru evacuarea ușoară a microașchiilor, spălarea și păstrarea formei muchiei active a corpului abraziv.

◆ *Suprafețele plane frontale* (interioare sau exterioare) ale pieselor de revoluție de tip arbore sau bucășă se rectifică cu suprafața plană frontală a pietrelor oală cilindrice sau conice (fig. 11.11). Ca mișcări de avans sunt prezente: avansul circular *II* (s_c) al semifabricatului și avansul transversal continuu *III* (s_t). Avansul intermitent, de pătrundere *IV* (s_p) este necesar pentru efectuarea mai multor treceri, în vederea îndepărtării întregului adaos de prelucrare.

Având în vedere mișcarea circulară de avans *II*, suprafețele plane frontale pieselor de revoluție se prelucrează pe mașinile de rectificat rotund exterior, interior sau frontal.

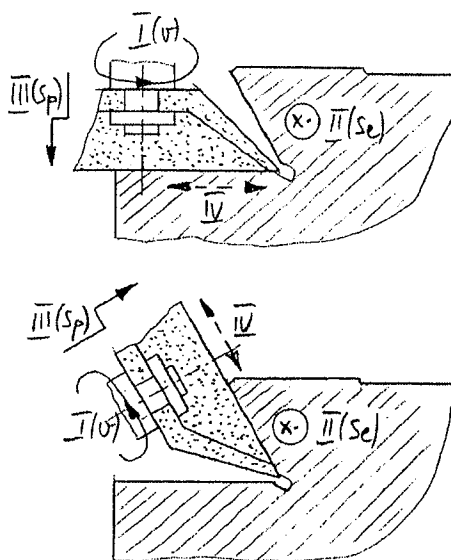


Fig. 11.10. Rectificarea plană frontală a suprafețelor active ale ghidajelor

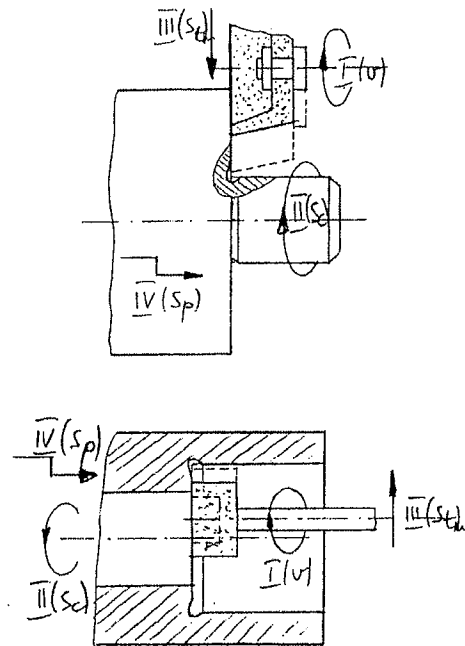


Fig. 11.11. Rectificarea plană frontală exterioră (a) și interioră (b) cu avans circular continuu și avans transversal

4. Structura mașinilor de rectificat plan

Mașinile de rectificat plan se folosesc la abrazarea suprafețelor plane ale semifabricatelor degroșate prin rabotare, frezare sau strunjire, precum și la abrazarea directă a pieselor din material foarte dur. Precizia obținută este de $10 \mu\text{m}$ pe lungime de 2.000 mm .

Corpurile abrazive sunt antrenate în mișcare de rotație la turație ridicată (viteza principală se măsoară în m/s), iar adaosul de prelucrare este îndepărtat cu suprafață cilindrică (periferică) (*rectificare plană periferică*) sau cu suprafața plană, frontală (*rectificare plană frontală*). La rectificarea plană periferică se utilizează corpuri abrazive (pietre) cilindrice, tip disc, astfel că suprafața de contact sculă - piesă este mică, căldura degajată este mai redusă, iar precizia rezultată este mai mare; metoda se aplică la prelucrarea pieselor mici, sensibile la deformare sau fisurare. La rectificarea plană frontală se folosesc corpuri abrazive de tip oală (cilindrice sau conice) dintr-o bucată – pentru mașinile de rectificat mici și mijlocii – și corpuri cu segmenti abrazivi – pentru mașinile mari. Suprafața de contact dintre sculă și piesă este mare (corespunzător diametrului exterior) și se degajă o cantitate însemnată de căldură, ceea ce impune o răcire abundentă. În pofida preciziei mai scăzute, productivitatea este ridicată, metoda fiind indicată în cazul pieselor mari și la producția de serie mare.

Piesele se fixează de regulă direct pe masa mașinii, pe platoul magnetic sau în dispozitive speciale. Arborele portpiatră este acționat mecanic, de la un motor electric, iar celelalte subansamble sunt acționate hidromecanic.

După poziția arborelui principal, mașinile de rectificat plan pot fi orizontale sau verticale.

- ◆ *Mașinile de rectificat plan orizontale (RPO)* pot prelucra plan periferic sau plan frontal, fiind realizate în mai multe variante constructive: ◆ cu masă dreptunghiulară și mișcare de avans longitudinal rectiliniu și alternativ (fig. 11.12; 11.13) și ◆ cu masă circulară (fig. 11.14).
- ◆ *Mașinile de rectificat plan verticale (RPV)* pot fi cu masă dreptunghiulară (avansul principal II fiind rectiliniu alternativ) sau cu masă circulară (avansul principal fiind circular și continuu) (fig. 11.15). Mașinile cu masa circulară (fig. 11.15, b) pot funcționa ca mașini semiautomate.

Pentru a crește productivitatea prelucrării și rigiditatea subansamblelor au fost construite mașini de rectificat cu batiu cadru cu două capete de rectificat.

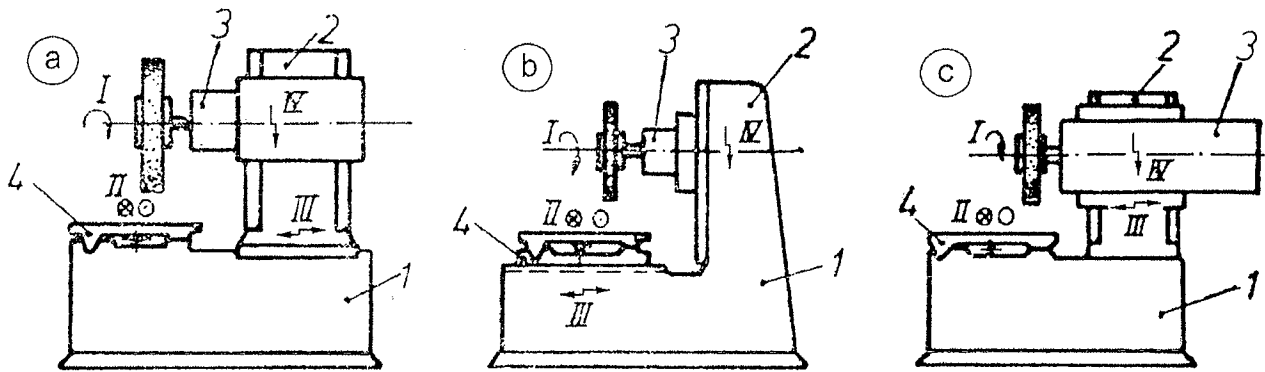


Fig. 11.12. Mașini de rectificat plan orizontală cu masă dreptunghiulară și abrazare periferică: (a) – cu montant deplasabil transversal; (b) – cu masă deplasabilă transversal; (c) – cu montant deplasabil transversal. I – batiu; 2 – montant/coloană; 3 – păpușă portpiatră; 4 – masă; I – mișcare principală; II – avans longitudinal (rectiliniu, alternativ); III – avans transversal (intermitent); IV – avans de pătrundere (intermitent).

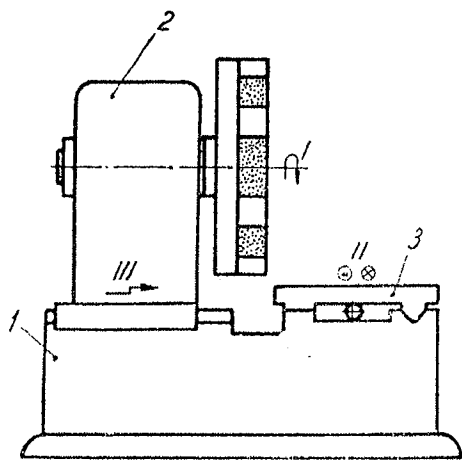


Fig. 11.13. Mașină de rectificat plan orizontală cu masă dreptunghiulară și abrazare frontală: I – batiu; 2 – montant; 3 – masă

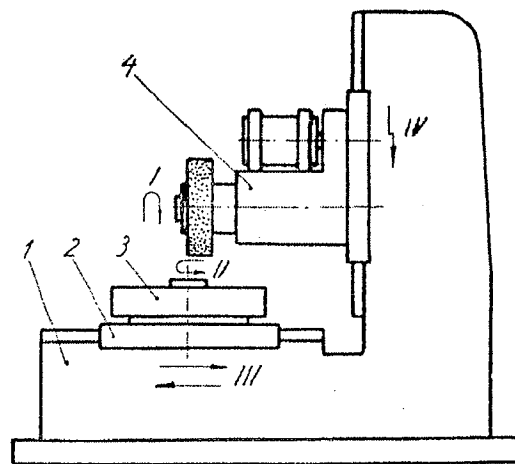


Fig. 11.14. Mașină de rectificat plan orizontală cu masă circulară: I – batiu; 2 – masă; 3 – platou rotativ; 4 – păpușă portpiatră

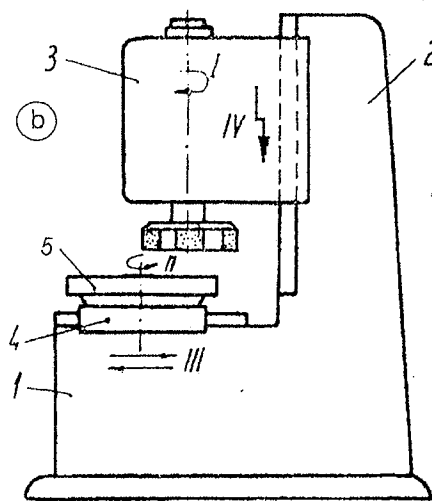
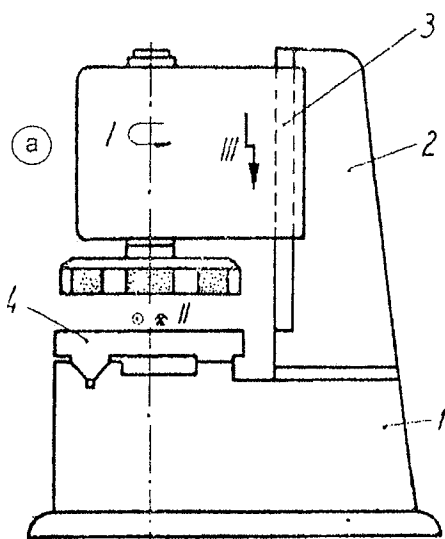


Fig. 11.15. Structura mașinilor de rectificat plan verticale: (a) – cu masă dreptunghiulară; (b) – cu masă circulară. I – batiu; 2 – montant; 3 – păpușă portsculă; 4 – masă; 5 – platou rotativ

MUCNPA 12

RECTIFICAREA SUPRAFETELOR DE REVOLUȚIE. PROCEDEE DE SUPRAFINISARE

1. Locul și rolul operațiilor de prelucrare prin abrazare

Prelucrările prin *abrazare* au la bază calitatea granulelor abrazive (de mici dimensiuni, dar în număr foarte mare și cu duritate ridicată) de a antrena și a îndepărta, sub formă de *microașchii*, straturi fine din materialul semifabricat, în prezența mișcărilor de lucru. Granulele abrazive, cu rol de microdinți așchietori, intră în componența *sculelor abrazive*, care se pot prezenta sub formă de:

- corpuri abrazive – corpuri cu forme geometrice bine definite, obținute prin compactare cu ajutorul unor lianți;
- materiale abrazive depuse superficial pe suport de hârtie, pânză, pâslă sau pe corpuri cu structură elastică (de ex. cauciuc);
- paste sau emulsii abrazive și pulberi abrazive.

Prelucrările prin abrazare pot fi împărțite în două mari grupe, în funcție de scop:

- ♦ procedee prin care se urmărește obținerea unei anumite rugozități pentru suprafața prelucrată, fără a se acorda importanță preciziei;
- ♦ procedee la care, pe lângă calitatea de suprafață, se urmărește și îmbunătățirea preciziei dimensionale, de formă și de poziție relativă.

Din prima grupă fac parte procedeele de *superfinisare* și *lustruire*, iar din categoria a doua *rectificarea*, *honierea* și *lepuirea*.

Rectificarea este procedeul de prelucrare prin microașchiere realizat cu corpuri abrazive, la care scula efectuează mișcarea principală de rotație – de turație ridicată, mișcările de avans fiind repartizate semifabricatului și/sau sculei.

Prelucrarea se aplică în cazul în care sunt impuse cerințe deosebite piesei prelucrate, precum:

- ♦ precizie (dimensională, de formă și de poziție) ridicată – treptele 6 ÷ 9 ISO;
- ♦ calitate a suprafeței (rugozitate impusă la valori sub $R_a = 0,16 \div 0,63 \mu\text{m}$, aspect estetic sau o anumită structură a stratului superficial).

Din aceste motive, rectificarea este, de obicei, etapă finală a procesului de prelucrare prin așchiere. În alte situații, abrazarea constituie o alternativă eficientă de prelucrare prin așchiere a materialelor dure (duritate naturală sau dobândită în urma unor tratamente termice sau chimice – oțeluri călite, fonte dure ș.a.), cazuri în care procedeele de prelucrare cu scule metalice sunt imposibil de aplicat, ori sunt neeconomice.

2. Rectificarea suprafețelor de revoluție (rectificarea rotundă)

Rectificarea suprafețelor de revoluție, întâlnite în practică și sub denumirea de *rectificare rotundă* – datorită formei circulare a suprafeței generate – se realizează cu suprafața periferică a discului abraziv.

♦ La **rectificarea suprafețelor cilindrice de lungime mare** (fig. 12.1), pe lângă mișcarea principală de rotație I (v) a discului abraziv și mișcarea de rotație continuă II (s_c) a piesei (ca avans circular – pentru a genera suprafața cilindrică), este necesar un avans longitudinal alternativ III (s_l) (pentru a acoperi întreaga lungime a suprafeței) și un avans intermitent de

pătrundere $IV (s_p)$, efectuat la «capătul liber», unde corpul abraziv iese din contact cu piesa – pentru îndepărtarea adaosului în mai multe treceri.

Se disting două metode, ce diferă prin modul de executare a avansului longitudinal (fig. 12.1): metoda Norton și metoda Landis. La metoda Norton avansul alternativ longitudinal III îl efectuează masa portpiatră (fig. 12.1, a), iar la metoda Landis mișcarea oscilatorie longitudinală este executată de masa portpiesă (fig. 12.1, b).

♦ Rectificarea suprafețelor cilindrice interioare la care generatoarea este mai mare decât lățimea corpului abraziv se efectuează în prezența aceluiași 4 mișcări (fig. 12.2).

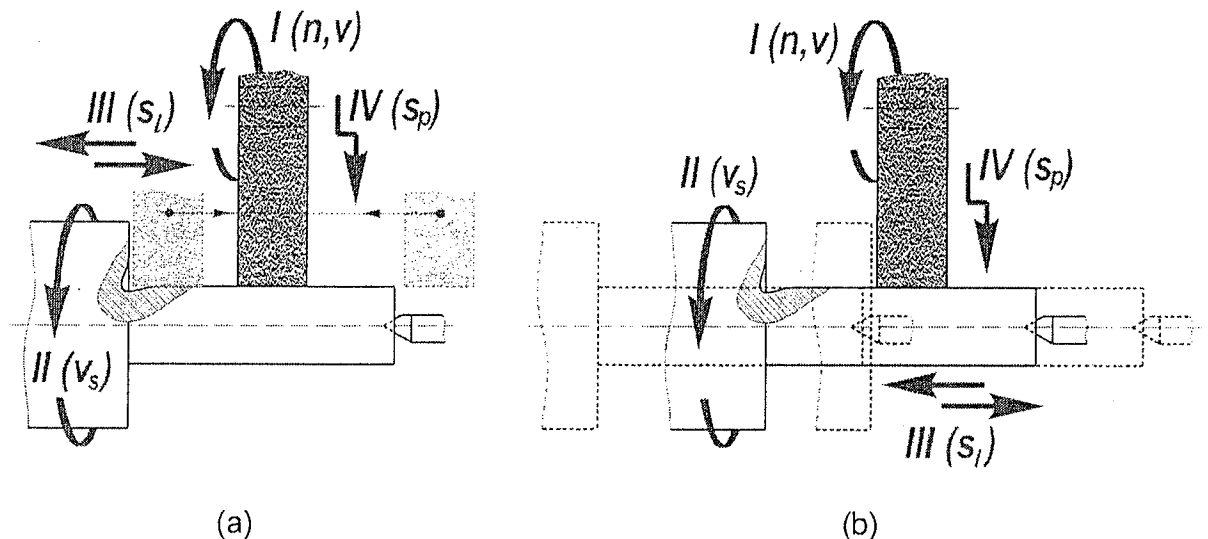


Fig. 12.1. Rectificarea rotundă longitudinală a suprafețelor cilindrice exterioare de lungime mai mare decât lățimea discului abraziv: (a) – metoda Norton; (b) metoda Landis

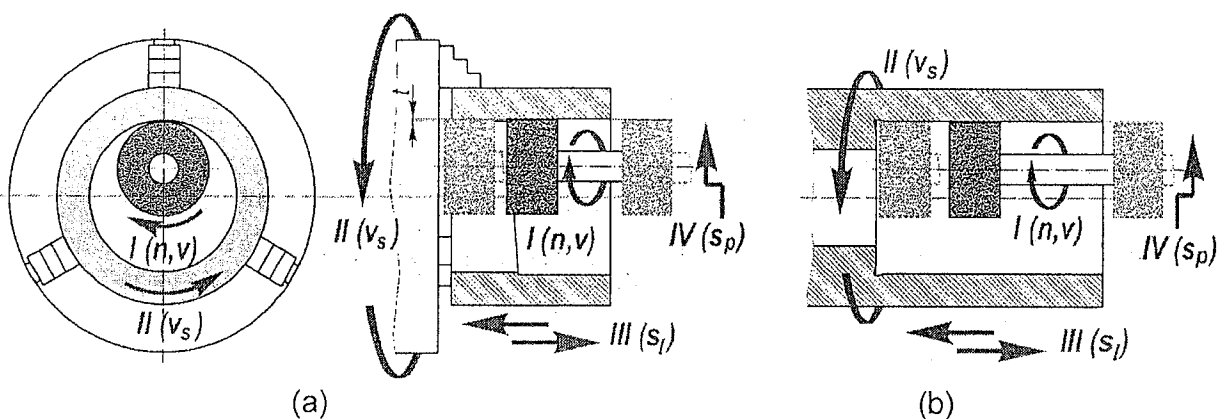


Fig. 12.2. Rectificarea rotundă longitudinală a suprafețelor cilindrice interioare

♦ În cazul suprafețelor cilindrice de lungime mică se aplică metoda de rectificare cu avans de pătrundere. Mișcarea alternativă de avans longitudinal poate lipsi, iar avansul transversal $III (s_p)$ (de pătrundere) devine continuu (fig. 12.3). Mișcarea notată cu IV nu reprezintă o mișcare de lucru, ci una de reglare a poziției relative corp abraziv – suprafață de prelucrat. În situațiile în care există spațiu pentru deplasarea axială a discului, se preferă să se mențină avansul longitudinal III , pentru uzarea uniformă a pietrei.

♦ Prin aceeași metodă de rectificare cu avans de pătrundere continuu se pot prelucra simultan o suprafață cilindrică și o suprafață plană frontală (fig. 12.4), dacă se înclină axa discului abraziv față de axa semifabricatului.

♦ O metodă de rectificare cu randament ridicat a suprafețelor cilindrice pe semifabricate de formă simplă este «rectificarea fără centre» sau «fără vârfuri» (fig. 12.5). Metoda este folosită la prelucrarea pieselor cu rigiditate limitată sau a celor de mici dimensiuni, care nu pot fi prinse între vârfuri (role de rulmenți, bolțuri, știfturi, axe etc.).

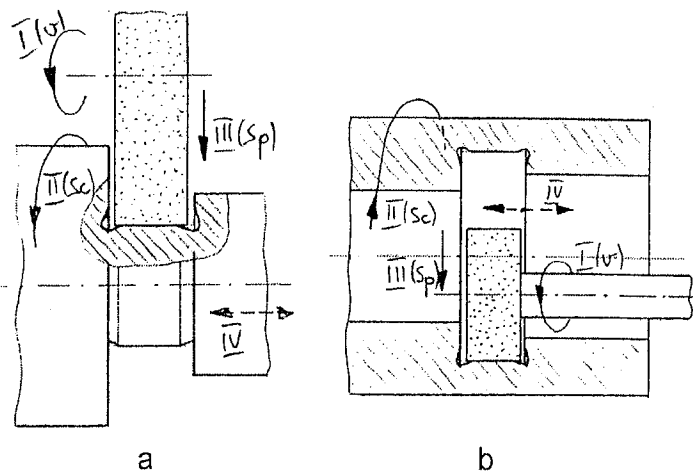


Fig. 12.3. Rectificarea cilindrică exterioră (a) și interioară (b) cu avans de pătrundere, continuu

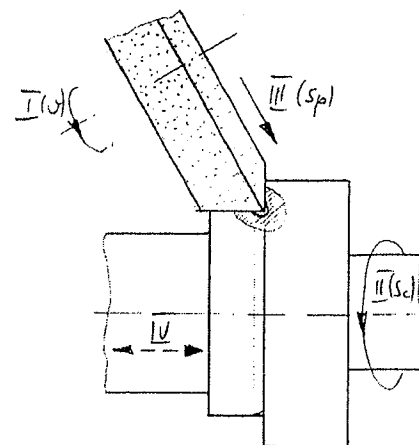


Fig. 12.4. Rectificarea de colț cu avans de pătrundere, continuu

Principiul de lucru este următorul: piesa de prelucrat 1 este așezată pe o riglă 4, între discul abraziv 2 și un disc conducător 3 din cauciuc, plută, ori alt material cu coeficient mare de frecare, astfel încât axa de rotație a piesei să fie supraînălțată cu mărimea h față de axa discului abraziv. Avansul circular II al semifabricatului este dat de rotirea discului de conducere 3, care asigură și o bună rigiditate a semifabricatului. Prin înclinarea discului conducător față de axa de rotație a semifabricatului cu un unghi η (ce variază între $1^\circ \div 2^\circ$ în cazul finisării și $3^\circ \div 5^\circ$ la operațiile de degroșare) și prin forma hiperboloidală, discul asigură piesei semifabricat nu numai mișcarea de rotație (ca mișcare de avans circular), dar și o deplasare cu viteză mică în lungul riglei de sprijin. Această mișcare suplimentară permite prelucrarea unor piese de lungime mare, metoda fiind considerată ca *rectificare cu avans longitudinal*. În acest caz, întregul adaos de prelucrare este îndepărtat în mod continuu, pe măsură ce piesa parcurge spațiul dintre discul antrenor și cel abraziv (*abrazare progresivă*).

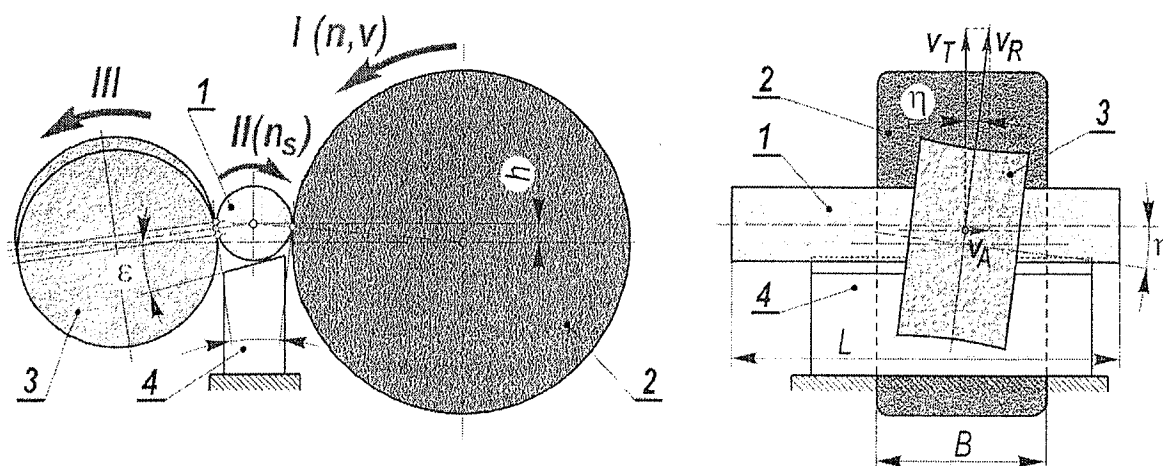


Fig. 12.5. Rectificarea exterioră fără centre a pieselor cilindrice

În cazul semifabricatelor scurte (role, știfturi), la care corpul abraziv acoperă integral lungimea suprafeței de prelucrat, piesa semifabricat este tamponată de un limitator (nereprezentat în figura 12.5), iar adaosul de rectificare este îndepărtat prin apropierea continuă a discului de antrenare, deci prin metoda *cu avans de pătrundere*.

♦ Metoda rectificării fără centre se aplică și la suprafețe interioare (bucșe, piese inelare ș.a.).

◆ Rectificarea suprafețelor conice

Și în cazul suprafețelor conice sunt aplicabile cele două metode de rectificare: cu avans de pătrundere și cu avans în lungul generatoarei suprafeței.

◆ La rectificarea suprafețelor conice ce au generatoarea conului mai mică decât lățimea discului abraziv se poate aplica *metoda avansului de pătrundere*, fără avans longitudinal (fig. 12.6), ceea ce presupune că, în afara mișcării principale *I* de rotație a discului abraziv și a avansului circular al semifabricatului *II* (s_c), adaosul de prelucrare este îndepărtat în mod continuu, prin avansul de pătrundere, continuu, *III* (s_p).

◆ În cazul utilizării discurilor abrazive de formă cilindrică, conicitatea se obține prin înclinarea mesei port-piesă (fig. 12.6, a) sau a suportului port-piatră (fig. 12.6, b, c), în funcție de tipul mașinii. La conicități mici se poate diamanta piatra la același unghi cu cel al conului, păstrându-se paralelismul între axa semifabricatului și a corpului abraziv (fig. 12.6, d).

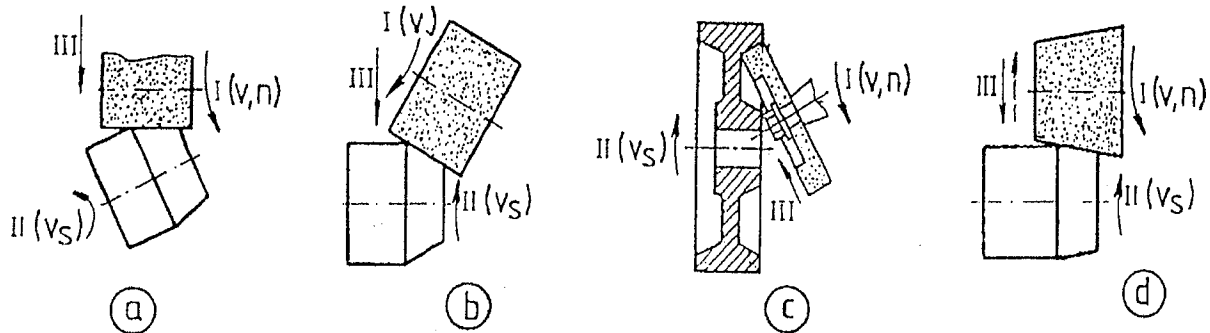


Fig. 12.6. Rectificarea conică cu avans de pătrundere

◆ La prelucrarea suprafețelor conice cu lungime mare ($l > 80$ mm) se aplică *metoda de rectificarea cu avans longitudinal*. În acest scop, se înclină suportul port-piesă cu unghiul conului, masa port-piesă execută mișcarea rectilinie-alternativă *III* de avans longitudinal, iar suportul discului abraziv (de formă cilindrică) realizează avansul transversal intermitent *IV*, (efectuat în punctele de inversare a sensului mișcării *III* (fig. 12.7).

Schema de rectificarea cu avans longitudinal alternativ în lungul generatoarei se poate aplica și la suprafețele conice înguste, în ideea uniformizării uzurii corpului abraziv.

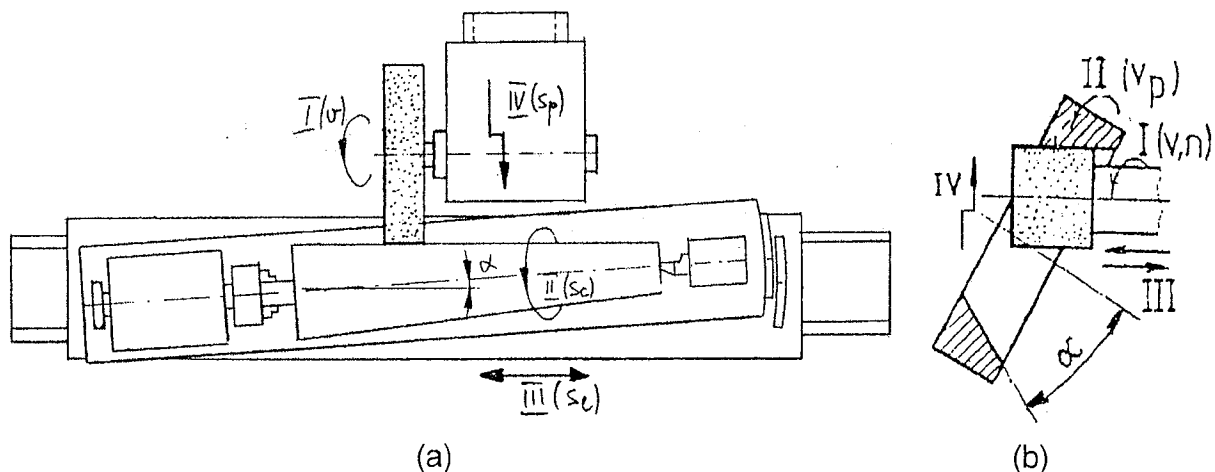


Fig. 12.7. Rectificarea conică exterioară (a) și interioară (b) cu avans longitudinal (cu Γ cinematic)

◆ În cazul pieselor de dimensiuni mari, la care axa geometrică a suprafeței de rectificat nu coincide cu axa suprafeței de bazare, se aplică *metoda de rectificarea cu piesa fixă* (fig. 12.8), prin care corpul abraziv efectuează toate mișcările de generare. Mișcarea de avans circular *II* nu mai este executată de piesă, ci se obține prin mișcarea planetară a axului corpului abraziv; este numită *mișcare de interpolare*.

◆ **Rectificarea suprafețelor profilate** pe mașinile de rectificat universale se realizează numai prin metoda generatoarei materializate, după profilarea discului abraziv (fig. 12.9). Avansul radial de pătrundere *III* poate fi executat de piesa semifabricat sau de corpul abraziv,

în funcție de tipul mașinii.

Parametrii regimului de așchiere la rectificarea rotundă

◆ La rectificarea rotundă *adaosul de prelucrare* este cuprins în intervalul $0,2 \div 0,8$ mm pe diametru și este stabilit în funcție de dimensiunile suprafeței prelucrate, materialul așchiat, caracteristicile corpului abraziv și ale mașinii-unelte utilizate, precizia de prelucrare ș.a.

◆ **Adâncimea de așchiere** t , se va defini în funcție de schema de abrazare. Astfel:

- la rectificarea cu avans longitudinal, rectiliniu alternativ, adâncimea t este identică cu mărimea avansului intermitent de pătrundere (v. fig. 12.1; 12.2; 12.7,a; 12.8,b), care se măsoară în [mm/c.d.] sau [mm/cursă];
- la rectificarea cu avans de pătrundere continuu (v. fig. 12.3; 12.4; 12.6; 12.8,a; 12.9), adâncimea de așchiere t (măsurată perpendicular pe direcția avansului de pătrundere) este dată de lungimea liniei de contact dintre corpul abraziv și semifabricat (v. fig. 12.3; 12.6, a).

Adâncimea de așchiere se adoptă în funcție de precizia de prelucrare, mărimea adaosului total, caracteristicile materialului de prelucrat și ale corpului abraziv. În mod frecvent, la rectificarea cu avans longitudinal alternativ în lungul generatoarei, adâncimea $t = 0,01 \div 0,07$ mm/c.d. la degroșare și $t = 0,005 \div 0,02$ mm/c.d. la finisare. La rectificarea cu avans de pătrundere, adâncimea de așchiere t este de 4 ÷ 5 ori mai mică.

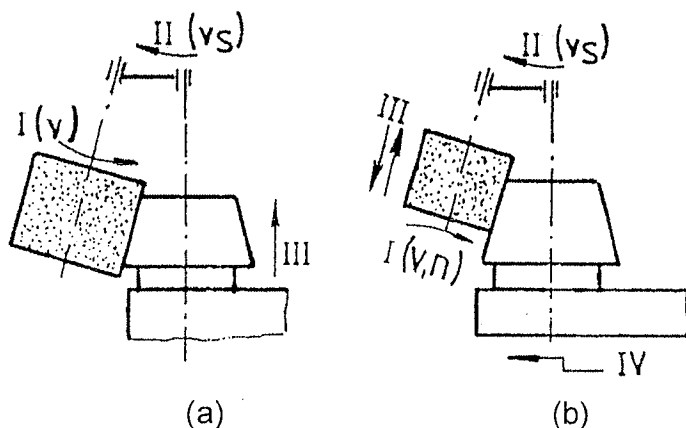


Fig. 12.8. Rectificarea cu piesa fixă a suprafețelor conice prin metoda avansului de pătrundere (a) și metoda avansului în lungul generatoarei (b)

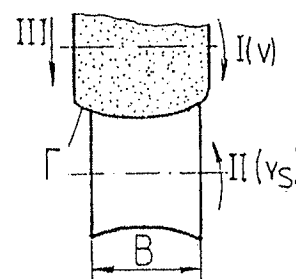


Fig. 12.9. Rectificarea unei suprafețe exterioare profilată cu avans de pătrundere

◆ **Viteza principală de așchiere** v – dată de mișcarea principală de rotație $I(n, v)$ a corpului abraziv – are valori cuprinse între 15 m/s (la prelucrarea metalelor ușoare) și $25 \div 35$ m/s (la rectificarea oțelului). Este considerată viteza tangențială la mersul în gol, având în vedere că viteza reală de așchiere este diferită, datorită influenței vitezei de rotație a semifabricatului și scăderii ușoare a turației sculei la intrarea în sarcină. Totuși aceste influențe sunt considerate neglijabile în comparație cu viteza periferică a discului abraziv la mersul în gol.

◆ **Avansul longitudinal (de trecere)** s_l , rectiliniu și alternativ în lungul generatoarei, se măsoară în mm/rot. piesă și se determină în funcție de lățimea B a discului abraziv, conform relației:

$$s_l = \beta \cdot B \quad (12.1)$$

în care coeficientul subunitar β (avansul în fracțiuni din lățimea corpului abraziv) se adoptă în mod diferit:

- la rectificarea de degroșare este în funcție de diametrul semifabricatului D_p : $\beta = 0,5$ pentru $D_p \leq 20$ mm și $\beta = 0,63 \div 0,8$ pentru $D_p \geq 20$ mm;
- la rectificarea de finisare este în funcție de rugozitatea impusă: $\beta = 0,5 \div 0,75$ pentru $R_a = 2,5 \div 1,25$ μm și $\beta = 0,25 \div 0,50$ pentru $R_a = 0,63$ μm .

Valorile de mai sus sunt recomandate pentru rectificarea rotundă exterioară.

La rectificarea interioară, coeficientul β se alege în funcție de materialul prelucrat, tipul

operației (degroșare sau finisare) și de raportul dintre diametrul interior și lungimea de prelucrat; el variază între 0,5 și 0,8 la rectificarea de degroșare și între 0,2 și 0,4 la finisare.

3. Procedee de suprafinisare a suprafețelor

Prelucrările de suprafinisare fac parte din categoria procedeele de abrazare, cu scopul principal de îmbunătățire a calității suprafeței. Unele dintre aceste procedee asigură simultan și creșterea preciziei de formă geometrică și a preciziei dimensionale.

Cele mai cunoscute procedee de suprafinisare sunt: *honuirea*, *superfinisarea* (*vibronetezirea*), *lustruirea* și *lepuirea*.

Suprafețele ce urmează a fi suprafinisate sunt generate în prealabil prin alezare, rectificare și, mai rar, prin strunjire fină.

◆ Honuirea

Honuirea este un procedeu de finisare a suprafețelor cilindrice interioare, mai rar exterioare sau plane, cu ajutorul unei scule denumită *hon* sau *cap de honuit*, formată din bare abrazive prismatice cu granulație fină, montate pe un corp de revoluție prin intermediul unor elemente elastice, ce exercită o ușoară apăsare a barelor pe suprafața interioară de prelucrat. Arborele principal al mașinii imprimă honului o mișcare elicoidală, ca rezultat al unei mișcări de rotație combinată cu

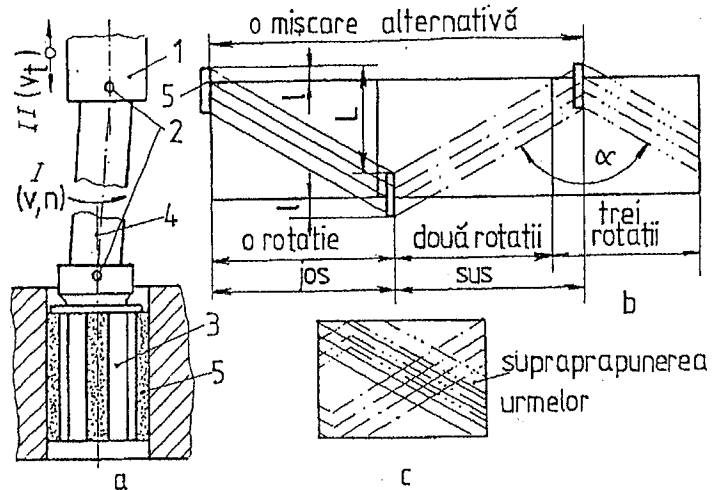


Fig. 12.10. Construcția și funcționarea honului

o mișcare rectilinie alternativă, astfel încât granulele abrazive să descrie de fiecare dată traiectorii elicoidale diferite (fig. 12.10). Multitudinea de traiectorii intersectate ale granulelor concură la obținerea unei suprafețe de calitate superioară.

Honuirea este caracterizată prin adaosuri mici de prelucrare (0,02 ÷ 0,1 mm). Comparativ cu rectificarea clasică, honuirea se distinge prin presiuni de apăsare la nivelul sculei abrazive de 6 ÷ 10 ori mai mici, viteze de așchiere de 50 ÷ 120 de ori mai mici și participarea la așchiere a unui număr mult mai mare de granule. Honuirea are ca scop principal îmbunătățirea calității de suprafață și micșorarea abaterilor de formă. În acest scop se folosesc totdeauna lichide de răcire-ungere pe bază de uleiuri și petrol, cu debit mare.

◆ Vibronetezirea

Vibronetezirea (*supranetezirea* sau *superfinisarea*) suprafețelor este asemănătoare cu honuirea. Superfinisarea suprafețelor cilindrice interioare sau exterioare (fig. 12.11) presupune prezența unei mișcări rapide rectilinii alternative (mișcare oscilatorie) I, executată paralel cu axa piesei de una sau mai multe bare abrazive, cu frecvență ridicată și cursă mică (n până la 3000 c.d./min, amplitudinea 2 ÷ 6 mm, $v = 5 ÷ 7$ m/min), combinată cu o mișcare de avans axial II a piesei ($v_a \leq 2$ m/min, pentru acoperirea lungimii de prelucrat) și o mișcare continuă III, de avans circular, executată tot de piesă.

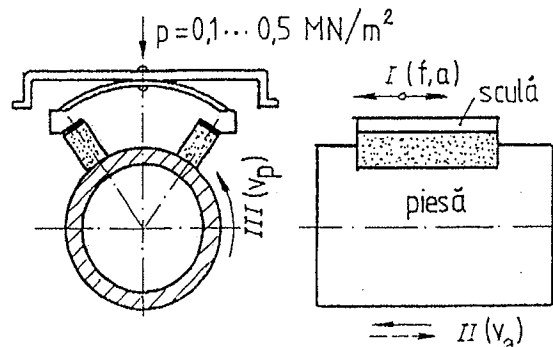


Fig. 12.11.

Vibronetezirea suprafețelor cilindrice

soluție de carbonat de sodiu), care formează un film de fluid între granulele abrazive și asperitățile piesei. Presiunea exercitată de barele abrazive se stabilește în funcție de materialul prelucrat. Prin vibronetezire nu se modifică precizia dimensională, motiv pentru care aceasta trebuie asigurată prin procedeele de așchiere anterioare (rectificare, alezare ș.a.). Scopul procedurii constă în îndepărtarea asperităților care au rămas după operația de rectificare. În funcție de granulația barelor abrazive se obțin rugozități $R_a = 0,02 \div 0,16 \mu\text{m}$.

◆ Lepuirea

Lepuirea reprezintă o metodă de abrazare în scopul obținerii unei precizii dimensionale de ordinul $0,1 - 0,5 \mu\text{m}$ și rugozități R_a sub $0,02 \mu\text{m}$, simultan cu eliminarea abaterilor de formă rezultate în prelucrarea anterioară. Adaosul de prelucrare este de maximum $0,01 \text{ mm}$, regimul de așchiere conduce la forțe mici de așchiere, iar condițiile de lucru trebuie să mențină o temperatură cât mai mică.

Procedeele constă în microașchiera cu granule abrazive libere, de granulație foarte fină, amestecate într-o unsoare sau aflate în suspensie într-un lichid activizat (petrol, motorină, ulei etc.) și interpuse între suprafața de prelucrat și sculă. Granulele abrazive pot fi din oxid de crom, miniu de fier, var de Viena, carborund, carbură de siliciu, carbură de bor sau pulbere de diamant. Materialul corpului sculei și tipul de abraziv se stabilesc în funcție de metoda de lepuire (fig. 12.12).

Scula de lepuit, ce materializează parțial forma suprafeței de prelucrat, are formă plană (fig. 12.12, a, b), cilindrică (fig. 12.12, c), sferică (12.12, d, e, f) sau toroidală și execută mișcarea principală de rotație *I*. Semifabricatul execută o mișcare continuă de avans *II*, circulară sau rectilinie, astfel încât, prin combinare cu mișcarea *I*, se va acoperi întreaga suprafață de prelucrat.

Mișcarea *IV*, executată (de sculă sau de piesă) în lungul axei de rotație a sculei, servește la reglarea continuă a adâncimii de lepuire și la realizarea forței constante de apăsare ($0,05 \div 0,15 \text{ N/mm}^2$).

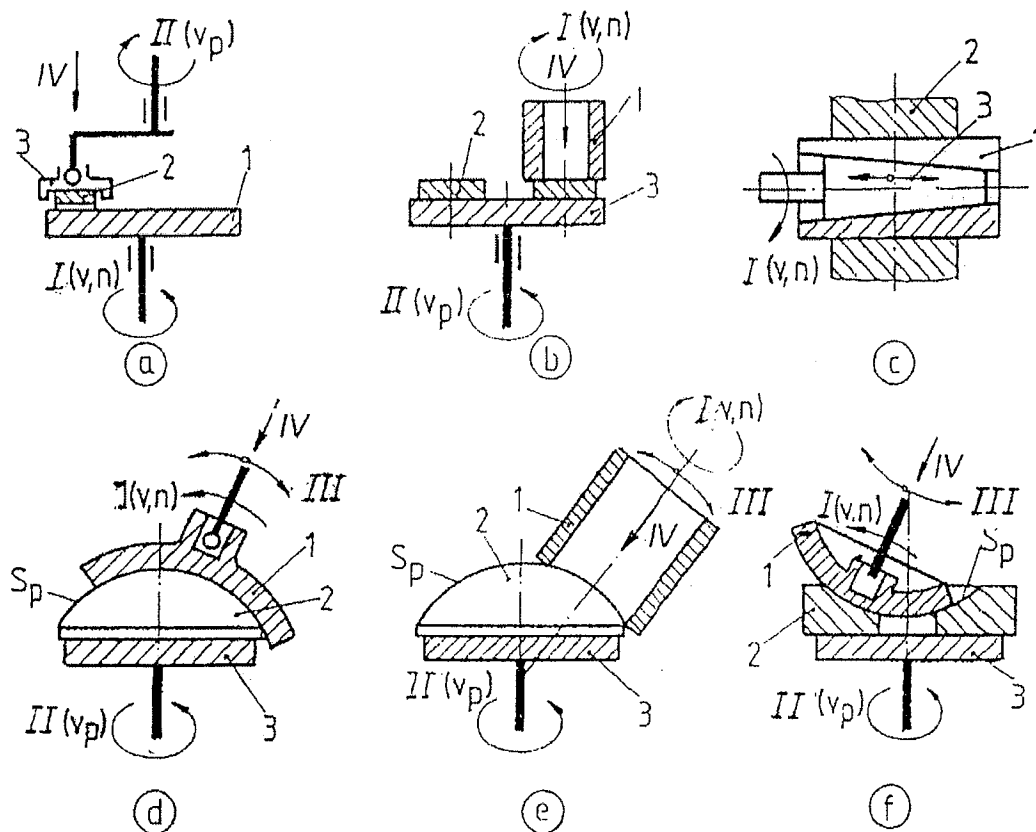


Fig. 12.12. Lepuirea suprafețelor plane (a), (b), cilindrice (c), sferice (d), (e), (f): 1 – scula de lepuit; 2 – piesa de prelucrat; 3 – masa mașinii de lepuire sau dispozitivul de prindere a piesei

După modul de realizare a mișcărilor de lucru, lepuirea poate fi *mecanică* – când mișcările sunt integral realizate mecanic sau *mecano-manuală* – când o parte din mișcări este realizată manual.

Lepuirea are ca scop mărirea rezistenței la oboseală a organelor de mașini (rulmenți, elemente hidraulice etc.) și creșterea durabilității instrumentelor supuse uzării (calibre).

◆ Dacă operația de abrazare se execută prin împerecherea pieselor de asamblat (la început în prezența unei paste cu granule abrazive foarte fine în suspensie, apoi în prezența unui lichid activizat) operația se numește *rodare* (de exemplu rodarea danturilor cilindrice roată – pinion).

◆ Dacă granulele abrazive sunt împrășcate pe suprafața de prelucrat la o presiune de $0,4 \div 0,7 \text{ N/mm}^2$, operația se numește *sablare*.

◆ **Lustruirea**

Lustruirea este un procedeu de abrazare cu granule abrazive prin care se urmărește numai micșorarea rugozității suprafeței, respectiv obținerea unei suprafețe tip «luciu de oglindă» ($R_a = 0,02 - 0,32 \mu\text{m}$), fără posibilitatea corectării abaterilor de formă geometrică.

Lustruirea se realizează cu discuri elastice, benzi abrazive, tamburi rotativi, containere vibratoare, cu granule abrazive libere sau în medii lichide.

Una dintre cele mai cunoscute variante de lustruire constă în utilizarea benzilor abrazive. Banda abrazivă se obține prin lipirea unor granule abrazive din diverse materiale (electrocorindon, șmirghel, carbură de siliciu, carbură de bor, oxid de crom, oxid de fier, oxid de aluminiu, pulbere de diamant etc.), de granulație și structură diferită, pe un suport din pânză, hârtie sau alt material (fig. 12.13).

Mișcarea de așchiere rezultă prin combinarea mișcării principale de așchiere *I* – rectilinie și continuă a benzii abrazive (fig. 12.13, a, b, d, e), ori circulară continuă (fig. 12.13, c) – cu o mișcare de avans *II* (v_s), de re poziționare a semifabricatului. Acesta poate fi un avans circular, în cazul semifabricatelor circulare (fig. 12.13, a, d) sau rectiliniu alternativ – la șlefuirea suprafețelor plane (fig. 12.13, b, c, e). Mișcarea *III* are rolul de reglare continuă a adâncimii de așchiere. Forța de apăsare pe direcția mișcării *III* este de $0,15 \div 0,25 \text{ N/mm}^2$.

Viteza benzii abrazive este sub 40 m/s, iar adâncimea de așchiere – exprimată ca avans de pătrundere v_p pe direcția mișcării *III* – este de $0,03 \div 0,09 \text{ mm}$.

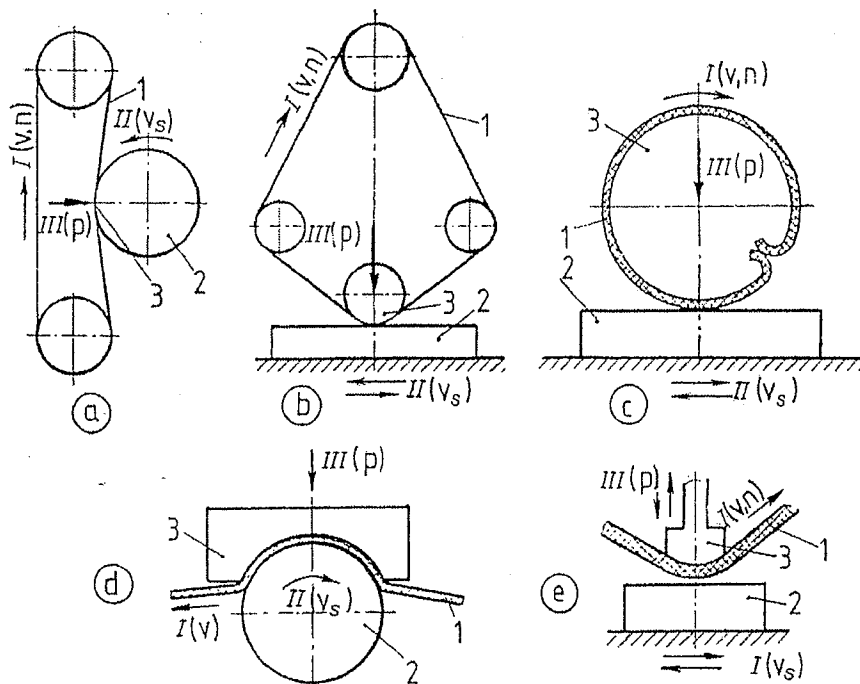


Fig. 12.13. Lustruirea:

I – bandă abrazivă; *2* – piesă de prelucrat; *3* – dispozitiv pentru presarea benzii pe piesă

Pentru lustruire sunt realizate mașini-unelte cu cinematică foarte simplă, corespunzătoare schemelor de prelucrare din fig. 12.13. Pe aceste mașini se poate executa atât lustruirea, cât și șlefuirea suprafețelor.

◆ Șlefuirea cu bandă abrazivă este cel mai eficient procedeu de debavurare, curățare, teșire a muchiiilor sau prelucrare a suprafețelor, la rugozități mai mari decât cele rezultate prin lustruire.

4. Mașini de rectificat rotund

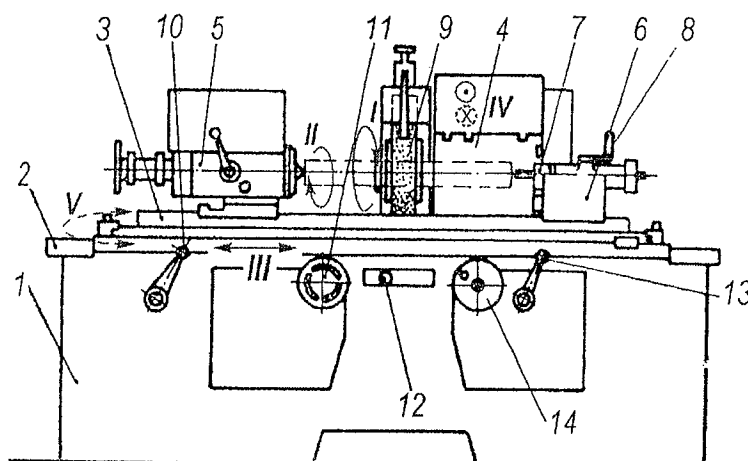
În funcție de domeniul de utilizare și de construcția lor, se disting următoarele tipuri de mașini de rectificat rotund:

- ◆ Mașini de rectificat rotund exterior: • între vârfuri; • fără centre (fără vârfuri);
- ◆ Mașini de rectificat rotund interior: • cu cap de prindere; • planetare; • fără cap de prindere.
- ◆ Mașini de rectificat rotund universale (exterior și interior).

◆ **Mașinile de rectificat rotund exterior între vârfuri (RE)** (numite simplificat *mașini de rectificat rotund exterior*) sunt destinate abrazării suprafețelor exterioare cilindrice, conice, profilate de lungime mică și a suprafețelor frontale ale pieselor în rotație.

Aceste mașini sunt realizate în 2 variante constructive:

- cu masă mobilă; • cu păpușă portpiatră mobilă.
- ◆ Mașina de rectificat rotund exterior între vârfuri cu masă mobilă (fig. 12.14) asigură mișcarea principală *I* de rotație a discului abraziv și avansul circular *II* al semifabricatului de la motoare electrice, în timp ce avansul longitudinal *III* al mesei și avansul radial și intermitent *IV* al saniei portpiatră sunt realizate hidraulic. Prin înclinarea mesei superioare 3 (cu unghiuri sub 10°) – mișcarea de reglare *V* – se prelucrează suprafețe conice cu avansul longitudinal.



1 – batiu; 2 – masă inferioară; 3 – masă superioară înclinabilă; 4 – păpușă portpiatră; 5 – păpușă portpiesă; 6 – păpușă mobilă; 7 – pinolă cu vârf de sprijin; 8 – manetă pentru retragerea vârfului de centrare; 9 – disc abraziv (piatră); 10 – manetă de comandă pentru inversarea mișcării longitudinale; 11 – roată de mână pentru deplasarea saniei longitudinale; 12 – buton pentru pornirea/oprirea arborelui portpiesă; 13 – manetă pentru deplasarea rapidă a păpușii portpiatră; 14 – roată de mână pentru reglarea păpușii portpiatră

Fig. 12.14. Mașina de rectificat rotund exterior între vârfuri, cu masă mobilă

◆ Mașina de rectificat rotund exterior între vârfuri cu păpușă portpiatră mobilă (fig. 12.15) se folosește pentru rectificarea pieselor cilindrice și conice de gabarit mare (prin metoda Norton).

◆ Mașinile de rectificat rotund exterior fără centre (RFC) au o construcție simplă, dar sunt foarte productive, fiind utilizate la producția de serie și masă. Ele prelucrează piese cilindrice cu avans longitudinal (v. fig. 12.5) sau cu avans de pătrundere (pentru suprafețe scurte), precum și piese conice sau profilate de lungime mică, cu avans de pătrundere.

Caracteristic pentru aceste mașini este lipsa păpușii portpiesă și a păpușii mobile, deci a vârfurilor de prindere. Acționarea celor două pietre-disc se poate face de la același motor electric sau de la motoare diferite. Discul de avans (de formă ușor hiperboloidală) are granulație mai fină decât discul de rectificat pentru ca forța de frecare dintre el și semifabricat să fie mai mare decât forța de așchiere dintre discul de rectificat și piesă.

◆ **Mașinile de rectificat rotund interior (RI)** sunt destinate rectificării alezajelor cilindrice, conice sau profilate (diametre de $5 \div 500$ mm și lungime maximă de $50 \div 500$ mm), precum

și a suprafețelor frontale. Arborele portpiatră este lung și subțire (cu rigiditate limitată) pentru a pătrunde în alezaj pe toată lungimea lui, ceea ce impune limitarea adâncimii de așchiere la valori mai mici ($0,002 \div 0,02$ mm). De asemenea, diametrul corpului abraziv este mic (sub $4/5$ din diametrul alezajului), astfel încât, pentru atingerea vitezelor de așchiere tehnologice, sunt necesare turații foarte mari; acționarea arborelui portpiatră se face de la un motor electric cu transmisie prin curea – pentru turații sub 30.000 rot/min, iar pentru turații de până la 200.000 rot/min acționarea se face cu motoare electrice speciale sau cu turbine de aer.

Pentru rectificarea suprafețelor frontale se folosește un alt corp abraziv, de tip oală, montat pe un alt arbore față de cel utilizat la rectificarea interioară.

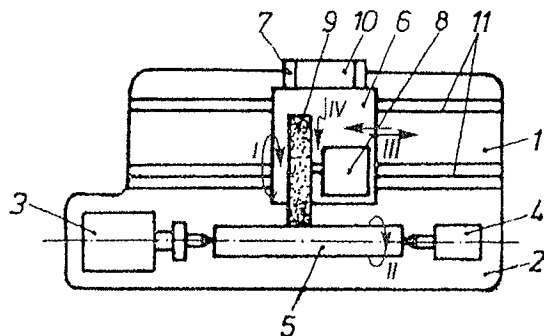


Fig. 12.15. Mașina de rectificat rotund exterior între vârfuri, cu păpușă portpiatră mobilă:

1 – batiu; 2 – masă fixă; 3 – păpușă portpiesă fixă; 4 – păpușă mobilă cu vârf de sprijin; 5 – piesă; 6 – sanie transversală; 7 – ghidaje transversale; 8 – păpușă portpiatră; 9 – disc abraziv (piatră); 10 – sanie longitudinală; 11 – ghidaje longitudinale

♦ Mașinile de rectificat rotund interior cu cap de prindere se utilizează la rectificarea pieselor de revoluție de dimensiuni mici și mijlocii, care pot fi ușor fixate într-un dispozitiv universal sau platou. În funcție de elementele care realizează mișcarea de avans longitudinal, rectiliniu și alternativ, ori avansul de pătrundere, se disting mai multe variante constructive (fig. 12.16).

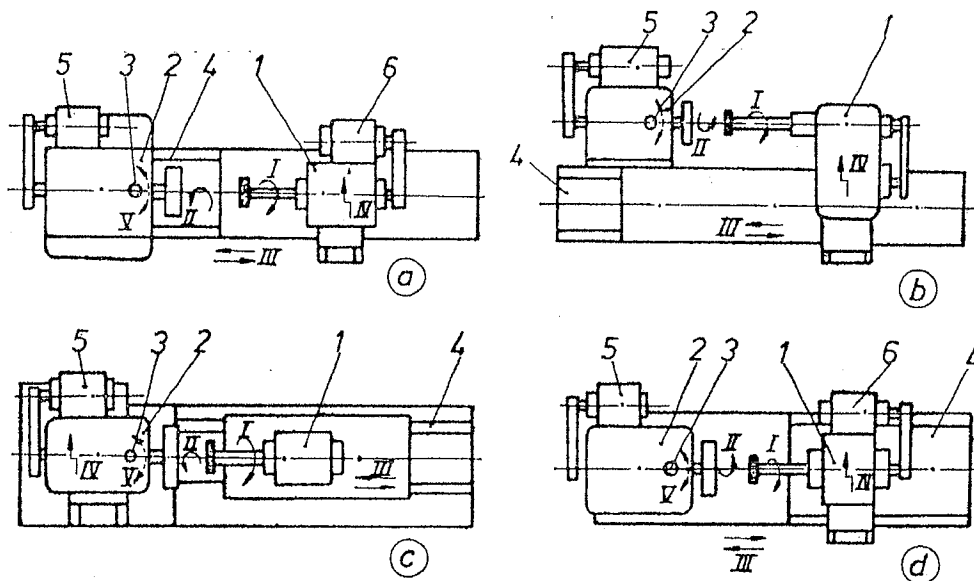


Fig. 12.16. Tipuri de mașini de rectificat rotund interior cu cap de prindere:

1 – păpușă portpiatră; 2 – păpușă portpiesă; 3 – bolt pentru rotirea și blocarea păpușii portpiesă; 4 – batiu; 5 – motor electric pentru antrenarea piesei; 6 – motor electric pentru antrenarea corpului abraziv.

♦ Mașinile de rectificat rotund interior fără cap de prindere se folosesc pe scară redusă, în special la rectificarea inelelor cu pereți subțiri, la producția de serie mare sau masă.

♦ Mașinile de rectificat planetare sunt destinate rectificării pieselor grele sau asimetriche, dificil de antrenat în mișcare de rotație. Caracteristica acestora constă în imobilitatea piesei, corpul abraziv efectuând toate mișcările: mișcarea principală de rotație I, mișcarea de avans circular II în jurul suprafeței de prelucrat (prin interpolare), avansul longitudinal III și avansul de pătrundere IV (v. fig. 12.8, b). În funcție de poziția arborelui principal se deosebesc mașini de rectificat planetare orizontale și verticale.